VERLAUFSUNTERSUCHUNGEN ÜBER EEG-VERÄNDERUNGEN WÄHREND HÄMODIALYSE-THERAPIE BEI TERMINALER NIERENINSUFFIZIENZ

Nikolaus Brass

1979

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551912_0033

AUS DEM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PSYCHIATRIE MÜNCHEN

Dir. Prof. Dr. D. Ploog

VERLAUFSUNTERSUCHUNGEN ÜBER EEG-VERÄNDERUNGEN WÄHREND HÄMODIALYSE-THERAPIE BEI TERMINALER NIERENINSUFFIZIENZ

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin an der Ludwig-Maximilian-Universität München

Vorgelegt von
Nikolaus Brass
aus Lindau

München 1978

Mit Genehmigung des Fachbereiches Medizin der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. D. Ploog
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. H. Hippius
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 22.2.1979

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

DISSERTATIONS– UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

Meinem Bruder

INHALTSVERZEICHNIS

A.	EINLEITUNG	1
1.	Problemstellung	1
2.	Literaturübersicht	2
2.1.	EEG und Urämie	2
2.2.	EEG und Haemodialyse	3
3.	Spezielle Fragestellung dieser Arbeit	5
B.	AUSWAHL DER PATIENTEN UND METHODE	7
1.	Auswahl der Patienten	7
2.	Methode	7
2.1.	Dialyse	7
2.2.	EEG	8
2.3.	Blutwerte	15
2.4.	Befindlichkeit	15
2.5.	Statistik	15
C.	ERGEBNISSE	18
1.	Blutchemische Befunde	18
2.	Befindlichkeit	20
3.	Elektroenzephalographische Befunde	24
3.1.	Visuelle Auswertung	24
3.2.	Spektralanalytische Auswertung	25
4.	Statistik	49
D.	DISKUSSION	56
E.	ZUSAMMENFASSUNG	67
F.	LITERATURVERZEICHNIS	69

Verlaufsuntersuchungen über EEG-Veränderungen während Hämodialysetherapie bei terminaler Niereninsuffizienz

A. Einleitung

1. Problemstellung

Im Rahmen der klinischen Forschung nimmt die Suche nach objektiven und verläßlichen Parametern, mit deren Hilfe sich die Schwere eines klinischen Syndroms oder die Verhältnismäßigkeit einer therapeutischen Maßnahme quantitativ erfassen ließe, breiten Raum ein. Bei der Beurteilung von klinischen Zuständen, die mit einer Störung von zentralnervösen Funktionen einhergehen, kommt dem Elektroenzephalogramm (EEG) große diagnostische Bedeutung zu. In letzter Zeit wurde versucht, durch Weiterentwicklung von quantitativen EEG-Analysemethoden die diagnostische und prognostische Relevanz zu steigern.

Eine Beeinträchtigung zentralnervöser Funktionen tritt auch beim Syndrom der Urämie auf. Neben seinen bekannten renalen, gastrointestinalen, pulmonalen oder kardiovaskulären Manifestationen ist das Urämie-Syndrom vor allem durch eine komplexe neurologische Symptomatik gekennzeichnet, die sich zunächst in Apathie, Müdigkeit, Abgeschlagenheit, Konzentrationsschwäche und Kopfschmerzen äußert. Sehr oft sind Störungen der Vigilanz mit Aufmerksamkeits- und Konzentrationsschwäche erster Ausdruck eines sich entwickelnden Urämie-Syndroms, das sich in seiner vollen Ausprägung, nach einem Stadium der erhöhten neuromuskulären und zerebralen Erregbarkeit, schließlich als Koma manifestiert. Interessanterweise ist es nun gerade die neurologische Symptomatik der chronischen Urämie, die als renale Enzephalopathie bzw. nephrogene Neuropathie beschrieben worden ist, die eine

deutliche Beeinflußbarkeit durch spezifische therapeutische Maßnahmen wie z.B. extrakorporale Hämodialyse zeigt (Ginn 1975, Teschan 1972,1974,1975, Bourne 1975).

In diesem Zusammenhang kommt dem EEG eine doppelte Bedeutung zu:

1. Ausgehend von der Annahme, daß dem Urämie-Syndrom neben anderem eine funktionelle Schädigung des ZNS im Sinne einer urämischen Enzephalopathie zugrunde liege (Scheinberg 1954, Castan 1967, Tyler 1968, Teschan 1970, Hagstam 1971, Reichenmiller 1972, Neundörfer 1976), bietet sich das EEG bei der Suche nach verläßlichen und objektiven Kriterien an, das Ausmaß der zentralnervösen Auswirkungen des Urämie-Syndroms zu beurteilen.

2. Die Reversibilität der neurologischen Symptomatik durch Hämodialyse legt den Schluß nahe, das EEG als Monitor zur Beurteilung und Kontrolle der Effektivität dieser speziellen Therapiemaßnahme einzusetzen. Dabei besitzt das EEG vor anderen Untersuchungsmethoden den Vorteil der Quantifizierbarkeit der Ergebnisse bei relativ geringem apparativen Aufwand.

2. Literaturübersicht

2.1 EEG und Urämie

Eine Durchsicht der einschlägigen Literatur läßt sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Niedergespanntes EEG mit Allgemeinveränderungen und Zeichen eines erniedrigten Vigilanzniveaus.

Die meisten Autoren beschrieben ein niedergespanntes EEG mit mehr oder weniger ausgeprägten Allgemeinveränderungen in Form vermehrter, polymorpher Theta- und Deltaaktivität, daneben Zeichen der Vigilanzminderung

mit Zerfall der Hintergrundaktivität, Aktivierung der Alphaaktivität bei Augenöffnen und einer pathologischen Weckreaktion (Romano & Engel 1944, Hughes 1950, Möller & Manz 1951, Krump 1956, Glaser 1960, Cadhilac & Ribstein 1961, Locke 1961, Tyler 1965, 1968, Reichenmüller 1972).

2. Allgemeinveränderungen und anfallstypische Aktivität.

Andere Autoren beschrieben neben den Allgemeinveränderungen auch anfallstypische Wellenformen, die sowohl einseitig wie auch beidseitig auftraten (Klinger 1954, Ochihori & Mitarbeiter 1957, Watson 1958, Lossky-Nekhorocheff & Mitarbeiter 1959, Bennhold 1964, Mises & Mitarbeiter 1968, Prill 1969, Gastaut 1966, Castan 1967, Omer 1970, Zysno 1970). In der Regel waren die EEG-Befunde gut mit der Klinik korreliert, während sich jedoch keine sichere Beziehung zu einzelnen blutchemischen Parametern herstellen ließ.

Erste Ergebnisse, die auf einer quantitativen, visuellen EEG-Auswertung bei Urämikern beruhten, wurden 1965 von Kiley & Hines veröffentlicht. Die Autoren stellten fest, daß das EEG mit zunehmender Urämie langsamer wurde, ohne daß sie überzeugende Beziehungen zwischen EEG und einzelnen biochemischen Variablen nachweisen konnten. Hagstam (1971) untersuchte die Beziehungen einzelner Frequenzanteile im EEG zu bestimmten blutchemischen Werten. Dabei zeigte sich, daß, verglichen mit einer Kontrollgruppe, der Anteil langsamer Frequenzen bei Urämikern signifikant erhöht war, daß der Anteil langsamer Frequenzen mit Zunahme der Kreatinin- und Harnstoffkonzentration im Serum anstieg und der Alphawellenanteil abfiel. Ähnliche Befunde konnte Neundörfer (1976) bei 80 untersuchten Patienten mit chronischer Niereninsuffizienz nachweisen.

2.2. EEG und Hämodialyse

Für den Zusammenhang zwischen EEG und Hämodialyse können folgende Punkte herausgestellt werden:

1. Verschlechterung des EEG-Befundes während Hämodialyse (Dialyse-Dysäquilibrium-Syndrom).

Viele Autoren beschrieben in früheren Arbeiten eine Verschlechterung des klinischen Zustandes der Patienten während Hämodialyse, die mit Verschlechterung des EEG-Befundes einherging. Die auffälligsten EEG-Veränderungen bestanden dabei in bilateralen symmetrischen Gruppen hochgespannter Theta- und Deltawellen (Kennedy & Mitarbeiter 1963, Jacob & Mitarbeiter 1965, Dürr 1965, Mechelse 1968, Stölzel 1965, Zysno 1966, Prill 1967, Lavy & Aviram 1969). In einer Reihe von Arbeiten wurden die pathophysiologischen, klinischen und elektroenzephalographischen Aspekte dieses sogenannten Dialyse-Dysäquilibrium-Syndroms diskutiert, ohne daß die Pathogenese geklärt werden konnte (Scheidlin & Hunziker 1962, Peterson & Swanson 1963, Rosen 1964, Benhold & Kubicki 1965, Funder & Wieth 1967, Hampers 1966, Wakim 1969, Meyrier 1976).

2. Besserung des EEG-Befundes während Hämodialyse.

Im Gegensatz zu früheren Arbeiten, zeigen die jüngsten Ergebnisse von Untersuchungen über EEG-Veränderungen während Hämodialyse bei terminaler Niereninsuffizienz überwiegend eine Verbesserung der EEG-Befunde (Kiley & Hines 1965, Teschan 1975, Ginn 1975, Bourne 1975, Kiley 1976).
Teschan (1975) definierte die neuropsychiatrische Symptomatik der Urämie als ein Aggregat neurophysiologisch bedingter Verhaltensauffälligkeiten, die Dialyseabhängigkeit zeigen. Klinisch manifeste Urämie sei ein

Syndrom, das sich u.a. aus einem gestörten zentralnervösen Funktionszustand herleiten ließe, wobei die exakte Erfassung der komplexen zentralnervösen Störung sowie die Messung der Beeinflußbarkeit dieser Störung durch Hämodialyse die notwendigen Voraussetzungen schaffe, die Angemessenheit therapeutischer Maßnahmen zu beurteilen. Der Autor kam in seinen Untersuchungen zur Schlußfolgerung, daß die EEG-Veränderungen, quantifiziert durch spektralanalytische Methoden, korreliert waren zu klinischen Befunden des Urämie-Syndroms, und daß sich somit das EEG als brauchbares Instrument zur Beurteilung der Dialysetherapie erweise, eine These, die durch eine neuere Arbeit von Kiley & Pratt (1976) unterstützt wurde. In letzter Zeit berichteten Spehr & Mitarbeiter (1977) über EEG-Veränderungen in Abhängigkeit von Hämodialyse. Mittels Spektralanalyse konnten sie im Powerspektrum eine Tendenz zum schnelleren Frequenzanteil im EEG nachweisen.

3. Spezielle Fragestellung dieser Arbeit

Trotz einer Reihe von Arbeiten über EEG und Hämodialyse bei terminaler Niereninsuffizienz finden sich in der Literatur nur spärliche Angaben zu intraindividuellen Verlaufsstudien bei Hämodialyse. Wenig quantitative Untersuchungen gibt es auch zur Befindlichkeit der Dialysepatienten. Dabei könnten quantifizierende Skalen zum Nachweis von systematischen Befindlichkeitsschwankungen, die in Abhängigkeit von Hämodialyse stehen, unter Umständen ein einfacheres und sensibleres Instrumentarium zur Kontrolle der Hämodialysetherapie darstellen.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, durch detailierte Verlaufsbeobachtungen von 15 Dialysen bei fünf Patienten Aufschluß über EEG-Veränderungen, Änderungen

von blutchemischen Werten und Schwankungen der Befindlichkeit zu gewinnen.
Im Rahmen der eingangs skizzierten Problemstellung und vor dem Hintergrund der aus der Literatur vorliegenden Angaben lassen sich als Ausgangspunkt für die hier durchgeführten Untersuchungen folgende Fragen formulieren:

1. Lassen sich durch EEG-Verlaufsstudien vor, während und nach Hämodialyse klinisch relevante Daten für individuelle Hämodialysetherapie gewinnen?

2. In welchem Zusammenhang stehen dabei die spektralanalytisch erfaßten EEG-Veränderungen und die psychischen und biochemischen Veränderungen?

B. Auswahl der Patienten und Methode

1. Auswahl der Patienten

Es wurden 5 Patienten aus der Dialyseabteilung des Krankenhauses München-Schwabing untersucht (3 Männer, 2 Frauen, Alter zwischen 33 und 65 Jahren). Bei der Auswahl der Patienten wurde auf folgende Kriterien geachtet: Dauer der Erkrankung, Dauer der Dialysebehandlung insgesamt, Quadratmeter-Stunden-Zahl pro Woche und zeitlicher Abstand der einzelnen Dialysen in Tagen (Kiley & Woodraff 1976). Für eine detaillierte intraindividuelle Verlaufsstudie wurden 3 verschiedene Konditionen untersucht:

1. subjektiv beschwerdefrei im Dauerdialyseprogramm ohne Komplikationen (Patient 1-3).
2. Im Dauerdialyseprogramm mit Beschwerden und Komplikationen (Patient 4).
3. Akute Aufnahme ins Dauerdialyseprogramm (Patient 5).

Anlaß zur Aufnahme in das Dauerdialyseprogramm war bei allen Untersuchten die Diagnose terminale Niereninsuffizienz. Als Grunderkrankung bestand bei 4 Patienten eine pyelonephritische Schrumpfniere bei chronischer Pyelonephritis, bei einem Patienten war die Ursache der Niereninsuffizienz ein Kimmelstiel-Wilson-Syndrom bei insulinpflichtigem Diabetes mellitus.
Bei allen Untersuchten bestand eine renale Hypertonie mit Maximalwerten systolisch zwischen 200 und 110 mmHg und diastolisch zwischen 160 und 80 mmHg, sowie eine milde renale Anämie.

2. Methode

2.1. Dialyse

Die Handhabung der Dialyse war bei allen 5 Patienten individuell abgestimmt was die Dauer der einzelnen

Dialysesitzungen bzw. die Anzahl der Dialysen pro Woche betraf. Vergleiche hierzu Tabelle 1 a-e.

Als Dialysat wurde in allen Fällen die Dialyselösung Primmer 236 verwendet.
Als Dialysator wurde bei einem durchschnittlichen Blutfluß von 180 bis 200 ml/min. in drei Fällen das Gerät Lundia 13,5 benützt, bei einem Patienten Lundia 17 und bei einem Patienten ein Vivazell-Dialysator.

Eine Übersicht über Patienten, Diagnosen und Art der Dialyse vermittelt Tabelle 1 a-e.

2.2. EEG

Jeder der Patienten wurde mehrmals (mindestens 2 Mal, höchstens 4 Mal) an aufeinanderfolgenden Dialysetagen untersucht. Mit einem tragbaren 8-Kanal EEG-Registriergerät (Alvar) wurden in der Dialyseabteilung am Bett der Patienten bipolare EEG-Ableitungen unmittelbar vor, während und unmittelbar nach Hämodialyse vorgenommen.
Bei einem Patienten wurde zum Vergleich auch an einem dialysefreien Tag das EEG aufgezeichnet. Es wurde über folgenden Elektrodenpositionen (ten-twenty-system) abgeleitet: C4-P4, C3-P3, P4-O2, P3-O1. Als Elektroden wurden Beckman Silber-Silberchlorid-Elektroden im stick-on-Verfahren verwendet. Die Hautwiderstände betrugen dabei zwischen 1 und 5 kOhm. Registriert wurde mit einer Zeitkonstante von 0,3 s und einem Tiefpaßfilter von 70 Hz.
Vor und nach Dialyse wurde das EEG jeweils über 10 Minuten bei geschlossenen, sowie zeitweilig geöffneten Augen registriert. Die Ableitungen während Dialyse erfolgten in 30-minütigen Abständen jeweils über 5 Minuten bei geschlossenen, sowie zeitweilig geöffneten Augen.
Pro Patient und Dialyse wurden auf diese Weise insgesamt ca. 60 Minuten EEG registriert.
Das EEG wurde auf Analogband (Philips Analog 7) aufgezeichnet

Tabelle 1a

Patient: Nr. 1	B.H., männl., geb. 29.10.16
Diagnose:	Terminale Niereninsuffizienz, nephrogene Anämie, Herzinsuffizienz bei renalem Hypertonus.
Beginn der Dauerdialysebehandlung:	November 1974
Dialysator:	Vivacell
Dialysat:	Pfrimmer 236, Blutfluß: 200 ml/min.
Dialysedauer:	13 1/2 m^2std/Wo. (=3x4 1/2 std/Wo.)
Medikamente:	Lanitop, Parkevit-Fe, Anti-phos. Acetolyt.
Beschwerden:	leicht: Durst mäßig: Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlafstörungen.
Blutdruckwerte:	Maximal: 180/160 mmHg Minimal: 120/90 mmHg

Tabelle 1b

Patient Nr. 2	S.W., weibl., geb. 16.7.12
Diagnose:	terminale Niereninsuffizienz bei pyelonephritischen Schrumpfnieren beidseits. Nephrogene Anämie, renaler Hypertonus.
Beginn der Dauerdialysebehandlung:	Dezember 1975
Dialysator:	Lundia 17
Dialysat:	Pfrimmer 236, Blutfluß: 180-200 ml/min.
Dialysedauer:	12 m²std/Wo. (2x6 std/Wo.)
Medikamente:	Lanitop, Lasix, Presinol, Zyloric, Parkevit-Fe, Anti-phos.
Beschwerden:	leicht bis mäßig: Sehstörungen, Müdigkeit, trockene Haut, Juckreiz, Kopfschmerzen.
Blutdruckwerte:	Maximal: 200/100 mmHg Minimal: 150/100 mmHg

Tabelle 1c

Patient: Nr. 3	L.G., weibl., geb. 12.8.19
Diagnose:	Terminale Niereninsuffizienz bei pyelonephritischer Schrumpfniere, renale Hypertonie.
Beginne der Dauerdialysebehandlung:	Juni 1975
Dialysator:	Lundia 13,5
Dialysat:	Pfrimmer 236, Blutfluß 200 ml/min.
Dialysedauer:	12 m^2 std/Wo. (3x4 std/Wo.)
Medikamente:	Parkevit-Fe, Acetolyt, Anti-phos.
Beschwerden:	mäßig: Kopfschmerzen, trockene Haut, starker Durst, Appetitlosigkeit.
Blutdruckwerte:	Maximal: 160/100 mmHg Minimal: 140/80 mmHg

Tabelle 1d

Patient: Nr. 4	R.A., männl., geb. 29.7.19
Diagnose:	Chronische Niereninsuffizienz bei chronischer Pyelonephritis und Nephrolithiasis, renaler Hypertonus, renale Anämie.
Beginn der Dauerdialysebehandlung:	Juni 1975
Dialysator:	Lundia maior
Dialysat:	Pfrimmer 236, Blutfluß: 200 ml/min.
Dialysedauer:	14 m^2std/Wo. (2x4 std/Wo., 1x6 std/Wo.).
Medikamente:	Theo-Lanitop, Nepresol, Presinol, Alupent, Zyloric, Anti-phos, Parkevir-Fe, Resonium.
Beschwerden:	stark bis mäßig: Muskelschmerzen, Muskelkrämpfe, starker Durst, Kopfschmerzen, Übelkeit, Müdigkeit, Schwächegefühl.
Blutdruckwerte:	Maximal: 175/110 mmHg Minimal: 110/60 mmHg

Tabelle 1e

Patient Nr. 5	G.M., männl., geb. 13.1.44
Diagnose:	Diabetes mellitus, terminale Niereninsuffizienz bei Kimmelstiel-Wilson-Sydrom und chronisch rezidivierenden Pyelonephritiden. Renale Hypertonie, Herzinsuffizienz.
Beginn der Dauerdialysebehandlung:	28.7.1977
Dialysator:	Lundia 13.5
Dialysat:	Pfrimmer 236, + 340mg% Glukose; Blutfluß: 200 ml/min.
Dialysedauer:	Dialyse Nr.1-3: tägl.5 Stunden. Ab Dialyse Nr. 4: 15 m²std/Wo. (3x5 std/Wo.).
Medikamente:	Novodigal, Nepresol, Catapresan, Presinol, Lasix, Parkevit-Fe, Anti-phos, Colfarit.
Beschwerden:	stark bis mäßig: Übelkeit, Durchfall, Erbrechen, Appetitlosigkeit, starker Durst, Schwächegefühl, Atemnot, Müdigkeit.
Blutdruckwerte:	Maximal: 200/110 mmHg Minimal: 120/80 mmHg

und mit einem Zeitcode versehen. Um einem möglichst konstanten und vergleichbaren Vigilanzgrad für die auszuwertenden EEG-Strecken zu gewährleisten, gelangten nur solche EEG-Abschnitte zur Auswertung, die bei visueller Befundung dem Wach-EEG entsprachen. Dafür eigneten sich besonders EEG-Abschnitte nach Lidschluß. Als standartisierter Weckreiz galt dabei eine 30-Sekunden-Epoche mit geöffneten Augen.
Zur Fast-Fourier-Transformation erfolgte die Digitalisierung des EEGs mit einer Abtastrate von 10 ms bei 256 Abtastpunkten (2,56 s-Epochen) mittels eines PDP 11/40 Laborrechners.
Zur quantitativen Erfassung der spektralanalytischen Daten wurden drei Indizes gebildet:

a) Als Alpha-Index wurde der Quotient aus der relativen Power im Alphafrequenzbereich zwischen 8-13 Hz und der relativen Power im Alpha- plus Thetafrequenzbereich zwischen 4-13 Hz bezeichnet.

$$\text{Alpha-Index} = \frac{\text{relative Power 8-13 Hz}}{\text{relative Power 4-13 Hz}}$$

b) Als Theta-Index wurde der Quotient aus der relativen Power im Thetafrequenzbereich von 4-7 Hz und der relativen Power im Alpha- plus Thetafrequenzbereich bezeichnet.

$$\text{Theta-Index} = \frac{\text{relative Power 4- 7 Hz}}{\text{relative Power 4-13 Hz}}$$

c) Als $\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}}$ - Index wurde der Quotient aus dem Alphafrequenzanteil mit der jeweils größten Power und dem Thetafrequenzanteil mit der jeweils größten Power bezeichnet.

$$\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}} \text{ - Index} = \frac{\text{Alphafrequenzanteil mit max. Power}}{\text{Thetafrequenzanteil mit max. Power.}}$$

Zur Berechnung aller drei Indizes wurden jeweils nur die okzipitalen Ableitungen herangezogen. Subthetafrequenzen wurden ausgeschieden, um Beeinträchtigungen durch Artefakte zu vermeiden. Als obere Grenze für die Berechnung der Indizes erwies sich die klinisch gebräuchliche Grenze des Alphafrequenzbereiches als praktisch (Teschan 1975, Bourne 1975). Um das unterschiedliche Verhalten der einzelnen Frequenzanteile im Alpha- und Thetafrequenzbereich zu erfassen, wurde der $\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}}$ - Index eingeführt.

2.3. Blutwerte

Jeweils unmittelbar vor und nach Hämodialyse wurden die Serumkonzentrationen im venösen Blut von Kreatinin, Harnstoff, Natrium, Kalium und Kalzium bestimmt.

2.4. Befindlichkeit

Vor und nach jeder Hämodialyse wurden von den Patienten eine Beschwerdenliste sowie eine Befindlichkeitsskala (Bf-S', von Zerssen) ausgefüllt. Bei einem Patienten (Patient Nr. 5) wurde die Befindlichkeitsskala nur vor Dialyse gegeben.

2.5. Statistik

Für die statistische Auswertung der EEG-Daten wurden der Zeichen-Test und der Wilcoxon-Test verwendet.

Eine Übersicht über den Untersuchungsablauf zeigt Abb. 1; Abb. 2 veranschaulicht die EEG-Registrierung und Verarbeitung.

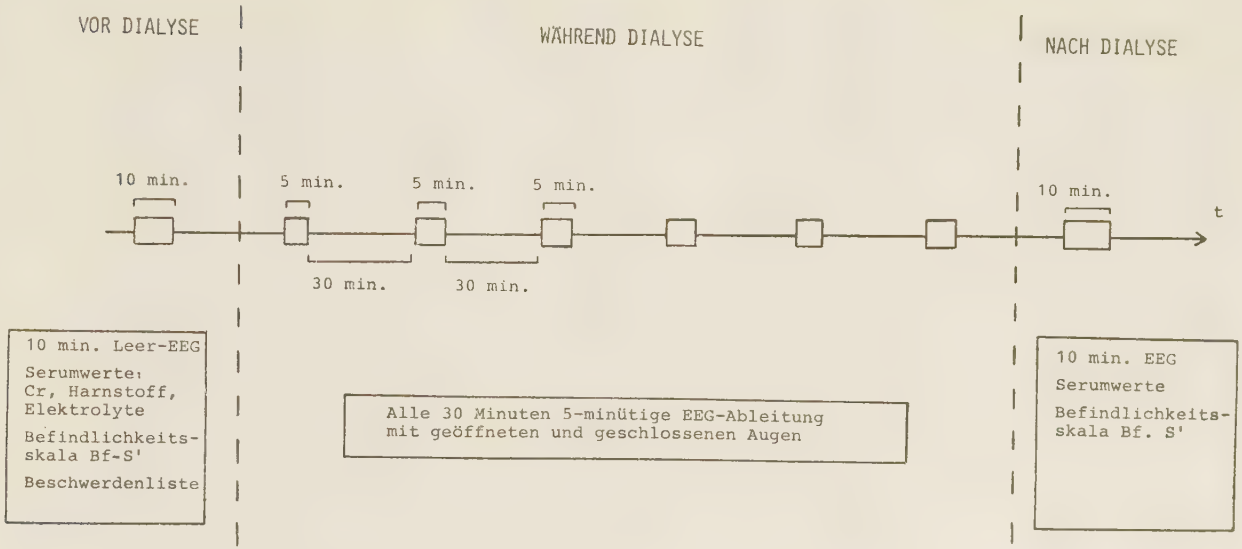


Abb. 1

Untersuchungsablauf.
Vor und nach Dialse jeweils 10-minütige EEG-Ableitungen mit geschlossenen, sowie zeitweilig geöffneten Augen. Während Dialyse in 30-minütigen Abständen je 5 min. EEG mit geschlossenen sowie zeitweilig geöffneten Augen. Vor und nach Dialyse Bestimmung der venösen Serumkonzentrationen von Creatinin, Harnstoff, Natrium, Kalium und Kalzium, ferner Ausfüllen der Befindlichkeitsskala. Vor Dialyse Angaben über Beschwerden mittels einer Beschwerdenliste.

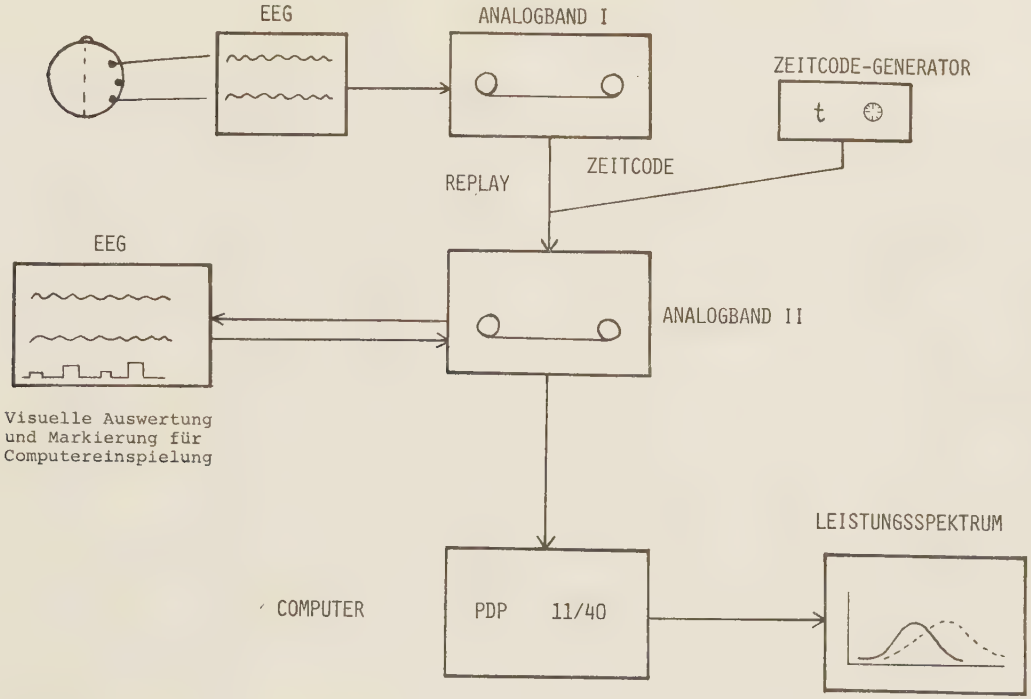


Abb. 2

EEG-Registrierung und Verarbeitung.
Das EEG wurde auf Analogband aufgezeichnet und im EEG-Labor zusammen mit einem Zeitcode auf ein zweites Analogband überspielt. Nach der visuellen Auswertung und Markierung erfolgte die Berechnung der Powerspektren der ausgewählten EEG-Abschnitte mittels eines PDP 11/40 Laborrechners. Für jeden Untersuchungsabschnitt (d.h. die Ableitungen vor Dialyse, nach Dialyse und die einzelnen Ableitungen während Dialyse) wurden je ca. 120s EEG (= ca. 50 Epochen á 2,56s) berechnet.

C. Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse folgt der nach klinischen Gesichtspunkten vorgenommenen Einteilung der Patienten, wie sie in Abschnitt B. 1. dargelegt worden ist.
Zunächst sollen die Ergebnisse der blutchemischen und psychischen Untersuchungen vorgestellt werden, da bei der Darstellung der elektroenzephalographischen Befunde auf diese Daten Bezug genommen wird.

1. Blutchemische Befunde

1.1. Patienten 1-3, subjektiv beschwerdefrei im Dauerdialyseprogramm ohne Komplikationen

Alle drei Patienten zeigten vor Dialyse stark erhöhte Kreatinin- und Harnstoffkonzentrationen im Serum, die durch Hämodialyse deutlich gesenkt werden konnten, ohne daß jedoch normale Werte erreicht wurden.
Die Natriumkonzentrationen lagen vor Dialyse im Normbereich oder ließen eine leichte Tendenz zur Hyponatriämie erkennen.
Die Kaliumwerte lagen beim Patienten 1 und 2 vor und nach Dialyse im Normbereich, Patient 3 zeigte eine deutliche Hyperkaliämie, die durch Dialyse leicht gebessert wurde.
Die Serumkonzentration von Kalzium ließ bei allen 3 Patienten vor Dialyse die zu erwartende Tendenz zur Hypokalzämie erkennen, die Werte nach Dialyse lagen im unteren Normbereich.
Eine Zusammenfassung der blutchemischen Daten für die Patienten 1-3 zeigt Tabelle 2a.

Dialysen, Serumwerte, Befindlichkeit.

Patient	Dialyse Nr.	Creatinin mg %	Harnstoff mg %	Natrium meq/l	Kalium meq/l	Calcium meq/l	Befindlichkeitsskala Bf-S'	
Nr.1	258	11.8	151	141	4.3	4.4	21	vor Dialyse
	vom 12.4.77	6.8.	72	142	3.2	5.2	20	nach Dialyse
	259	10.5	110	137	3.9	4.4	20	vor Dialyse
B.H. * 29.10.16	vom 14.4.77	6.2	55	144	3.4	4.7	21	nach Dialyse
	260	11.6	137	138	4.3	4.9	24	vor Dialyse
	vom 19.4.77	6.5	69	142	3.9	5.2	20	nach Dialyse
Nr.2	151.	8.6	173	141	5.0	3.9	20	vor Dialyse
	vom 25.4.77	3.9	55	142	3.4	4.6	5	nach Dialyse
S.W. * 16.7.12	152 vom 28.4.77	7.4	149	144	4.5	3.5	6	vor Dialyse
		3.8	52	140	4.2	4.2	11	nach Dialyse
Nr.3	278	7.7	106	139	5.5	4.3	5	vor Dialyse
	vom 4.5.77	4.2	52	142	5.3	4.4	7	nach Dialyse
L.G. * 12.8.19	279	8.3	119	137	6.3	4.5	4	vor Dialyse
	vom 6.5.77	4.4	59	143	5.3	4.8	2	nach Dialyse

1.2. Patient Nr. 4, mit Beschwerden und Komplikationen im Dauerdialyseprogramm

Die Kreatinin- und Harnstoffkonzentrationen dieses Patienten lagen vor Dialyse höher als die Werte der vorigen Patienten; das Ausmaß der durch Dialyse erreichten Abnahme der Serumkonzentrationen entsprach etwa der Abnahme bei den Patienten 1-3.
Während der ersten drei untersuchten Dialysen (Dialyse-Nr. 288 bis 290) zeigte sich zunächst eine deutliche Hyponatriämie, die im Laufe der Dialysen ausgeglichen werden konnte.
Es bestand eine deutliche Hyperkaliämie vor Dialyse, die nach Dialyse auf Werte leicht unter normal gesenkt wurde.
Die Kalziumwerte lagen vor und nach Dialyse im unteren Normbereich.
Eine Zusammenfassung der blutchemischen Werte für Patient Nr. 4 zeigt Tabelle 2b.

1.3. Patient Nr. 5, akute Aufnahme in das Dauerdialyseprogramm

Die Kreatinin- und Harnstoffkonzentrationen zeigten eine mäßige Erhöhung vor Dialyse. Die Harnstoffwerte konnten nach Dialyse bis zum oberen Normbereich gesenkt werden.
Es bestand eine leichte Hyponatriämie, die nach Dialyse zum unteren Normbereich hin ausgeglichen wurde.
Die Kaliumwerte lagen hier im unteren Normbereich, während die Kalziumwerte eine Hypokalzämie andeuteten.

Eine Zusammenfassung der blutchemischen Werte für Patient Nr. 5 zeigt Tabelle 2c.

2. Befindlichkeitsskala

2.1. Patienten 1-3, subjektiv beschwerdefrei im Dauerdialyseprogramm

Die Patienten 1 und 2 lagen mit Werten zwischen 24 und

Tabelle 2b

Dialysen, Serumwerte, Befindlichkeit

Patient	Dialyse Nr.	Creatinin mg%	Harnstoff mg%	Natrium meq/l	Kalium meq/l	Calcium meq/l	Befindlichkeitsskala Bf-S'	
Nr. 4	288	11.6	222	130	6.1	4.8	14	vor Dialyse
	vom 11.5.77	6.0	86	136	4.8	5.0	28	nach Dialyse
	Intervall 12.5.77						29	Intervall
R.A. 29.7.19	289	10.6	173	137	5.6	4.6	29	vor Dialyse
	vom 13.5.77	6.0	89	138	4.2	5.0	26	nach Dialyse
	290	13.1	228	136	5.9	4.8	29	vor Dialyse
	vom 16.5.77	7.2	103	142	4.4	5.4	31	nach Dialyse
	291	12.5	197	141	6.8	4.9	30	vor Dialyse
	vom 18.5.77	6.4	91	140	4.9	5.3	27	nach Dialyse

Tabelle 2c
Dialysen, Serumwerte, Befindlichkeit

Patient	Dialyse Nr.	Creatinin mg%	Harnstoff mg%	Natrium meq/l	Kalium meq/l	Calcium meq/l	Befindlichkeitsskala Bf-S'	
Nr.5 G.M. * 13.1.44	4 vom 1.8.77	8.8	92	133	4.1	3.8	50	vor Dialyse
		4.6	39	140	3.4	3.0		nach Dialyse
	5 vom 2.8.77	7.5	65	133	4.7	3.8	27	vor Dialyse
		3.4	27.8	138	3.8	3.4		nach Dialyse
	6 vom 5.8.77	9.4	112	132	4.6	4.0	33	vor Dialyse
		4.3	42.8	139	3.8	2.9		nach Dialyse
	7 vom 8.8.77	9.2	130	122	5.0	4.1	46	vor Dialyse
		5.7	59	139	3.6	3.5		nach Dialyse

Tabelle 3

Befindlichkeitsänderung nach Dialyse bei Patienten 1 - 4

Untersuchung	Patient 1	Patient 2	Patient 3	Patient 4
1	–	–	+	+
2	+	+	–	–
3	–			+
4				–

\+ = Zunahme der Befindlichkeitseinschränkung

\- = Abnahme der Befindlichkeitseinschränkung

11 Punkten im Bf-S'-score im Bereich der leicht gestörten Befindlichkeit, Patient Nr. 3 zeigte mit Werten zwischen 2 und 7 Punkten eine eher euphorische Stimmungslage.

2.2. Patient Nr. 4, mit Beschwerden und Komplikationen im Dauerdialyseprogramm

Patient Nr. 4 zeigte mit Schwankungen zwischen 31 und 14 Punkten in der Befindlichkeitsskala ebenfalls eine leicht gestörte Befindlichkeit.

2.3. Patient Nr. 5, akute Aufnahme ins Dauerdialyseprogramm

Patient Nr. 5 ließ mit Werten zwischen 27 und 50 Punkten auf der Befindlichkeitsskala eine deutliche depressive Stimmungslage erkennen.

Eine Zusammenfassung der Rohwerte der Befindlichkeitsskala Bf-S' vor und nach Dialyse für alle Patienten zeigen die Tabellen 2a bis c.
Die jeweilige Befindlichkeitsänderung vor und nach Dialyse zeigt bei keinem der untersuchten Patienten eine einheitliche Tendenz, es ließen sich insgesamt fünfmal eine Zunahme und sechsmal eine Abnahme im Bf-S'-score feststellen (vgl. hierzu Tabelle 3).

3. Elektroenzephalographische Befunde

3.1. Visuelle Auswertung

3.1.1. Patient Nr. 1-3, subjektiv beschwerdefrei ohne Komplikationen im Dauerdialyseprogramm

Die Patienten 1-3 zeigten ein normales EEG vor, während und nach Dialyse. Bei Patient Nr. 2 fand sich ein niedergespanntes EEG.

3.1.2. Patient Nr. 4 mit Beschwerden und Komplikationen im Dauerdialyseprogramm

Patient Nr. 4 zeigte ein leicht pathologisches EEG mit mäßigen Allgemeinveränderungen in Form einer vermehrten Thetatätigkeit parieto-okzipital über beiden Hemisphären, die jeweils im Verlauf der Dialyse abnahm.

3.1.3. Patient Nr. 5, akute Aufnahme ins Dauerdialyseprogramm

Patient Nr. 5 zeigte ein leicht pathologisches EEG mit geringen Allgemeinveränderungen in Form einzelner rascher Thetawellen bei einer niedergespannten Hintergrundaktivität.

3.2. Spektralanalytische Auswertungen

3.2.1. Patienten 1-3, subjektiv beschwerdefrei im Dauerdialyseprogramm ohne Komplikationen

Die Veränderungen der mittels Fast-Fourier-Transformation parietal und okzipital ermittelten Kreuzspektren, Kohärenzen und Phasenwinkel sowie die Veränderungen der aus den Powerspektren berechneten Alpha-, Theta- und $\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}}$ - Indizes lassen sich für die Patienten 1-3 wie folgt zusammenfassen:

1. Bei fünf von sieben untersuchten Dialysen Abnahme des Theta-Indexes und Zunahme des Alpha-Indexes.
   Bei zwei untersuchten Dialysen (Patient Nr. 1, Dialyse-Nr. 259 und Patient Nr. 3, Dialyse-Nr. 278) Abnahme des Alpha-Index und Zunahme des Theta-Index.
   Bei sechs Dialysen Zunahme des $\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}}$ - Index, bei einer Dialyse (Patient Nr. 3, Dialyse-Nr. 278) Abnahme des $\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}}$ - Index.
   Vergleiche hierzu Tabelle 4a.
   Eine schematische Zusammenfassung der EEG-Indizes, blutchemischen und psychischen Befunde der Patienten 1-3 zeigen die Abbildungen 3, 4 und 5.

Tabelle 4a

EEG-Parameter vor und nach Dialyse

Patient	Dialyse		8-13 Hz / 4-13 α-power Index okzipital	4-7 / 4-13 ϑ-power-Index okzipital	α max. / ϑ max. power-Index okzipital
Nr. 1	Nr. 258 vom 12.4.77	vor Dialyse	0.642	0.357	1.48
		nach Dialyse	0.672	0.327	1.90
		Diff. in %	+ 4.6	- 8.4	+ 28.3
B.H.	Nr. 259 vom 14.4.77	vor Dialyse	0.670	0.329	1.70
		nach Dialyse	0.650	0.350	1.84
		Diff. in %	- 2.9	+ 6.3	+ 8.2
* 29.10.16	Nr. 260 vom 16.4.77	vor Dialyse	0.583	0.416	1.29
		nach Dialyse	0.652	0.347	1.70
		Diff. in %	+ 11.8	- 16.5	+ 31.7
Nr. 2	Nr. 151 vom 25.4.77	vor Dialyse	0.470	0.529	1.20
		nach Dialyse	0.568	0.431	1.42
		Diff. in %	+ 20.8	- 18.5	+ 18.3
S.W.	Nr. 152 vom 28.4.77	vor Dialyse	0.333	0.666	0.66
* 16.7.12		nach Dialyse	0.684	0.315	2.25
		Diff. in %	+ 91.2	- 45.6	+ 240.9
Nr. 3	Nr. 278 vom 4.5.77	vor Dialyse	0.487	0.512	1.37
L.G.		nach Dialyse	0.392	0.607	0.96
*12.8.19		Diff. in %	- 19.5	+ 18.5	42.7
	Nr. 279 vom 6.5.77	vor Dialyse	0.462	0.537	1.08
		nach Dialyse	0.483	0.516	1.26
		Diff. in %	+ 4.5	- 3.9	+ 16.6

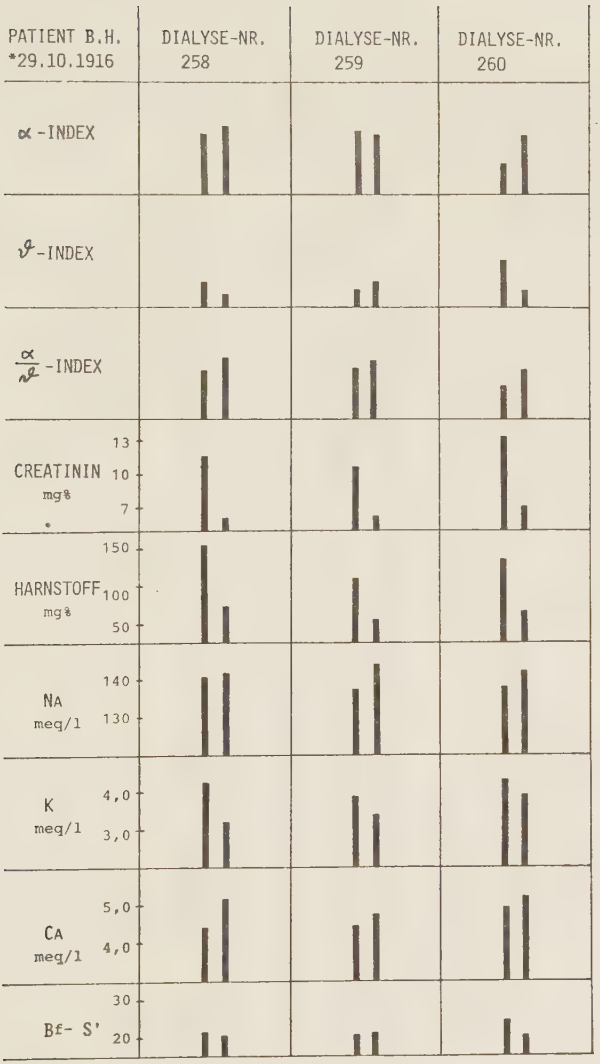


Abb. 3

Patient Nr. 1, B.H., Dialyse-Nr. 258 - 260

Schematische Zusammenstellung der elektroenzephalographischen blutchemischen und psychischen Befunde vor und nach Dialyse für jede untersuchte Dialyse.

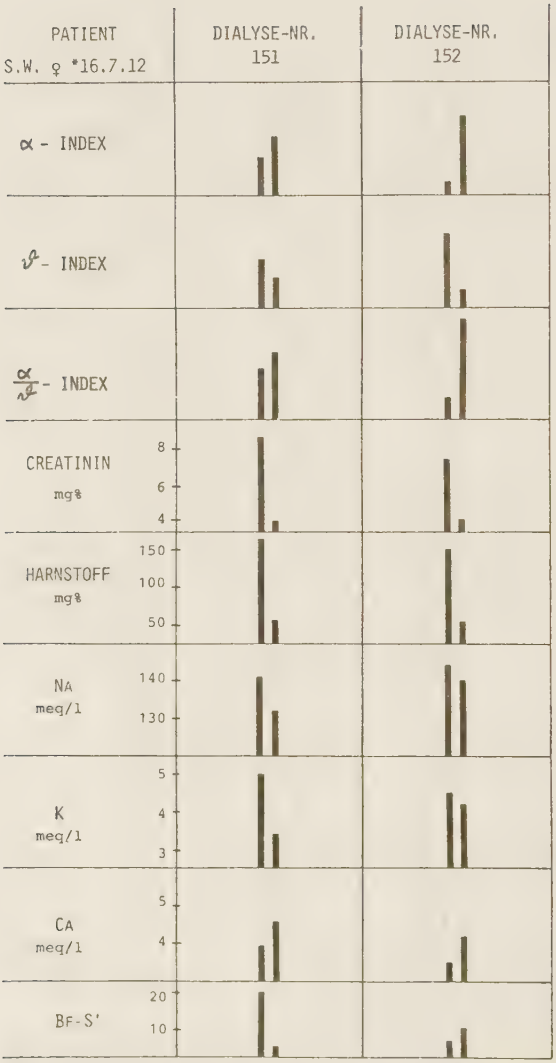


Abb. 4

Patient Nr. 2, S.W., Dialyse-Nr. 151 und 152

Schematische Zusammenstellung der elektroenzephalographischen, blutchemischen und psychischen Befunde vor und nach Dialyse für jede untersuchte Dialyse.

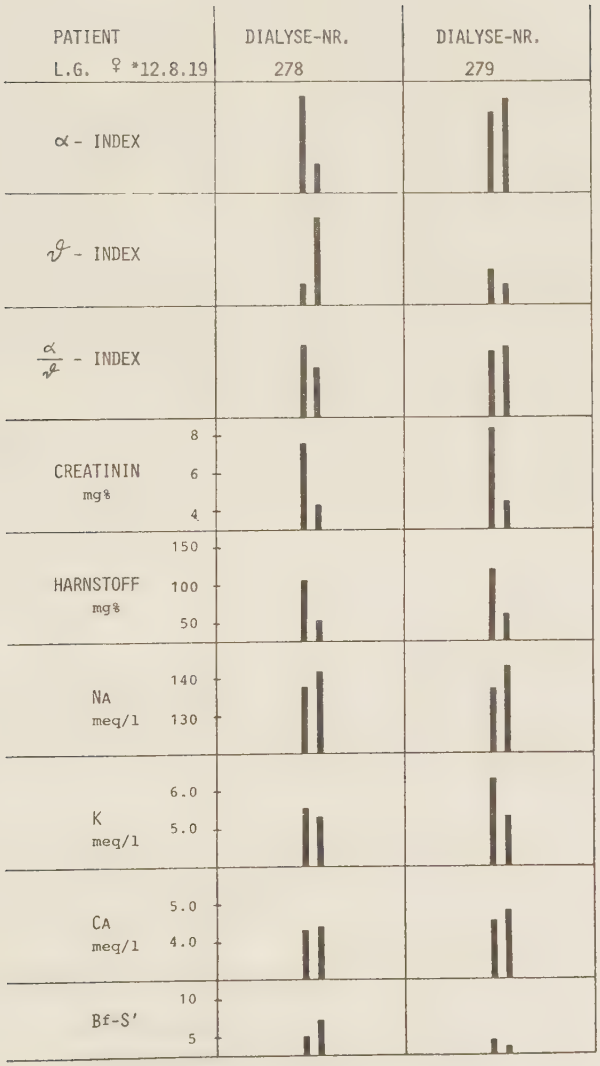


Abb. 5

Patient Nr. 3, L.G., Dialyse-Nr. 278 und 279
Schematische Zusammenstellung der elektroenzephalographischen, blutchemischen und psychischen Befunde vor und nach Dialyse für jede untersuchte Dialyse.

2. Bei fünf von sieben untersuchten Dialysen gleichsinnige Beziehung zwischen Alpha-Index-Zunahme und Kreatininkonzentrationsabnahme im Serum. Bei zwei untersuchten Dialysen (Patient Nr. 1, Dialyse-Nr. 259 und Patient Nr. 3, Dialyse-Nr. 278) Alpha-Index-Abnahme bei Kreatininkonzentrationsabnahme.
   Vergleiche hierzu die Abb. 6, 7 und 8, die die Beziehung zwischen Alpha-Index und Kreatininkonzentrationsänderung für die Patienten 1-3 zeigen.

3. In den okzipitalen Kreuzspektren bei fünf von sieben untersuchten Dialysen Verschiebung des Powergipfels im Alphafrequenzbereich nach rechts, bei einer Dialyse (Patient Nr. 1, Dialyse-Nr. 259) keine Verschiebung, bei einer Dialyse (Patient Nr. 3, Dialyse-Nr. 278) leichte Linksverschiebung.
   Vergleiche hierzu die Abb. 9a und 9b, die als Beispiel die Veränderung der Kreuzspektren okzipital, vor, während und nach Dialyse bei zwei untersuchten Dialysen (Patient Nr. 1, Dialyse-Nr. 258 und 260) zeigen.

4. In den parietalen Ableitungen keine wesentliche Verschiebung der Kreuzspektren.
   Vergleiche hierzu die Abb. 12a und b und Abb. 13a und b, die als Beispiel die parietalen Kreuzspektren vor, während und nach Dialyse bei zwei untersuchten Dialysen (Patient Nr. 3, Dialyse-Nr. 278 und Nr. 279) zeigen.

5. In den okzipitalen und parietalen Ableitungen keine wesentliche Änderung der Kohärenzen und des Phasenwinkels im Alpha- und Thetafrequenzbereich, vor, während und nach Dialyse.
   Vergleiche hierzu Abb. 10, die die Veränderung der Kohärenzfunktion bei zwei untersuchten Dialysen (Patient Nr. 1, Dialyse-Nr. 258 und Nr. 260) zeigt.

Abbildung 11 zeigt neben den okzipitalen Kreuzspektren

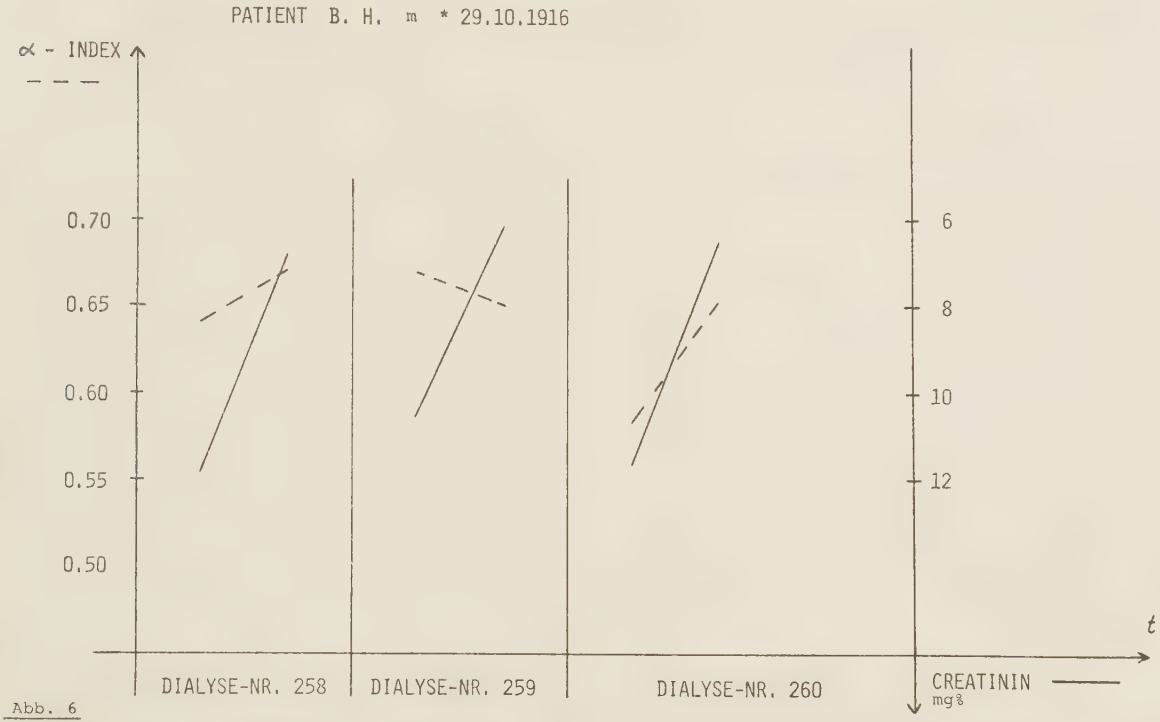


Abb. 6

Patient Nr. 1, B.H., Dialyse-Nr. 258-260
Verhältnis zwischen Creatininkonzentration (-) und α-Index (---) vor und nach Dialyse. Gleichsinnige Beziehung zwischen α-Indexzunahme und Creatininkonzentrationsabnahme bei Dialyse Nr. 258 und 260. Gegensinnige Beziehung bei Dialyse-Nr. 259.

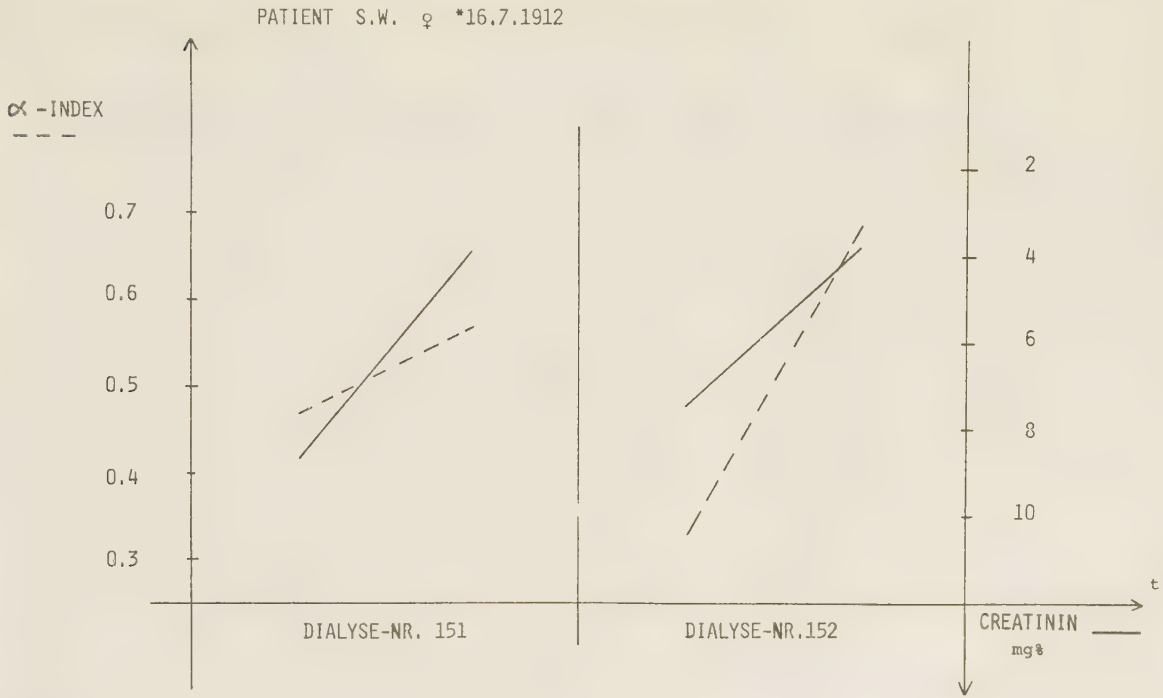


Abb. 7

Patient Nr. 2, S.W., Dialyse-Nr. 151 und 152

Verhältnis zwischen Creatininkonzentration (-) und α-Index (---) vor und nach Dialyse. Gleichsinnige Beziehung zwischen Creatininkonzentrationsabnahme und α-Indexzunahme bei beiden Untersuchungen.

PATIENT L.G. ♀ * 12.8.1919

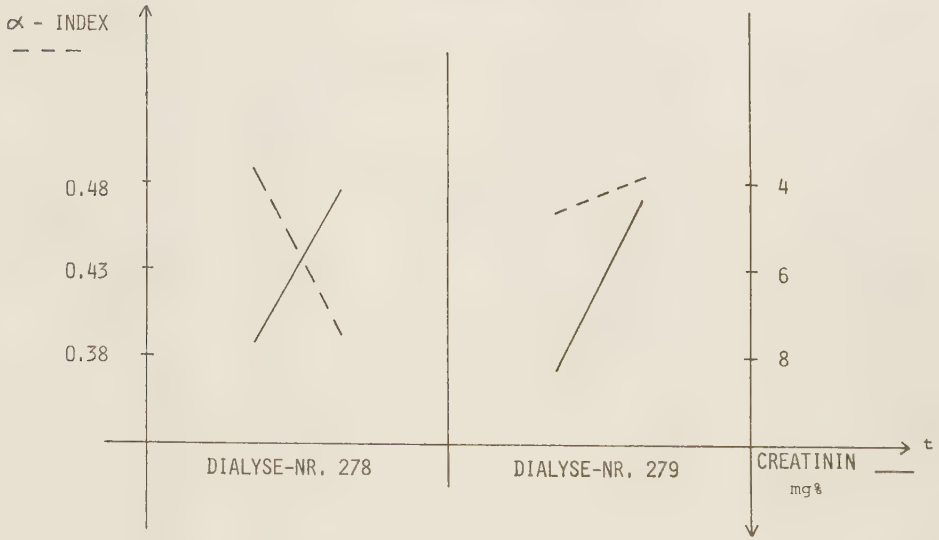


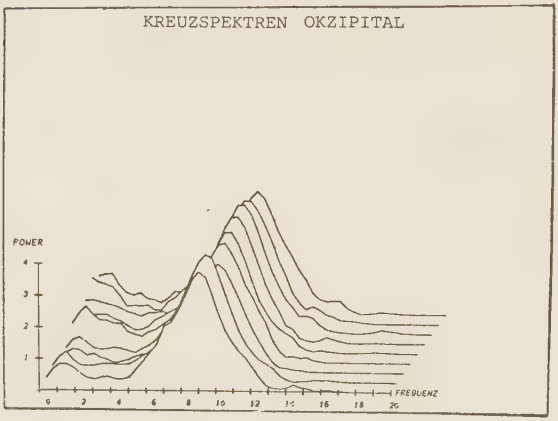
Abb. 8

Patient Nr. 3, L.G., Dialyse-Nr. 278 und 279

Verhältnis zwischen Creatininkonzentration (-) und α-Index (---) vor und nach Dialyse. Gleichsinnige Beziehung zwischen α-Index-Zunahme und Creatininkonzentrationsabnahme bei Dialyse-Nr. 279, gegensinnige Beziehung bei Dialyse-Nr. 278.

PATIENT NR. 1 B.H., männl., * 29.10.19

KREUZSPEKTREN VOR, WÄHREND UND NACH DIALYSE



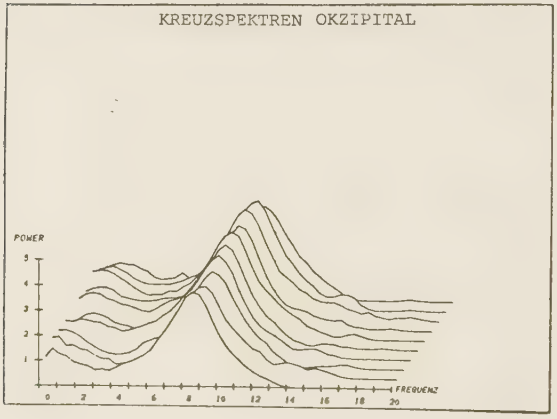


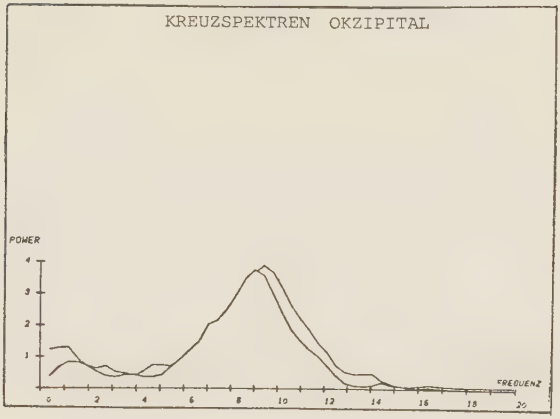
Abb. 9a

Patient B.H. Dialyse-Nr. 258 (oben), 260 (unten)

Pseudodreidimensionale Verlaufsdarstellung der Kreuzspektren okzipital vor, während und nach Dialyse. Die Kreuzspektren wurden jeweils über ca. 120 s (48-50 Epochen zu 2,56 s aus EEG-Ableitungen nach Lidschluß) zu einzelnen Profilen aufgemittelt und im zeitlichen Verlauf vor, während und nach Dialyse hintereinander (X-Verschiebung 50 Punkte) dargestellt. Zeitlicher Abstand zwischen den einzelnen Profilen 30 Minuten. Erstes Profil entspricht Ableitung vor Dialyse, letztes Profil entspricht Ableitung nach Dialyse.

PATIENT NR. 1 B.H., männl., * 29.10.19

KREUZSPEKTREN VOR UND NACH DIALYSE



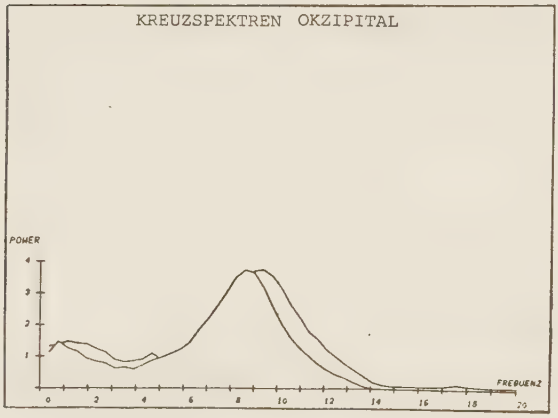


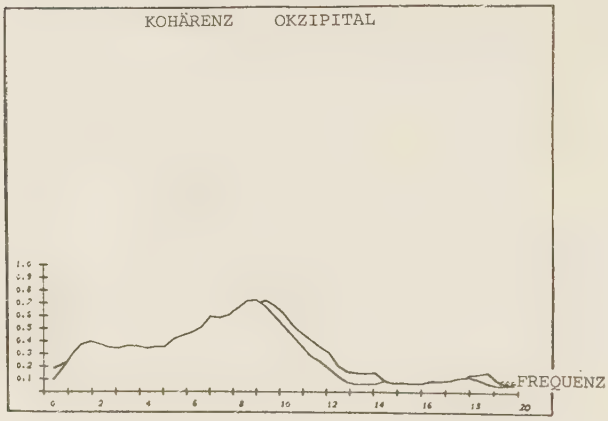
Abb. 9b

Patient B.H. Dialyse-Nr. 258 (oben), 260 (unten)

Kreuzspektren okzipital vor Dialyse (1. Profil) und nach Dialyse (2. Profil dahinter ohne X-Verschiebung). Ermittlung der einzelnen Profile wie in Abb. 9a. Beachte die Rechtsverschiebung der Powergipfel nach Dialyse, die in dieser Darstellungsweise deutlicher wird.

PATIENT NR. 1 B.H., männl., * 29.10.19

KOHÄRENZEN VOR UND NACH DIALYSE



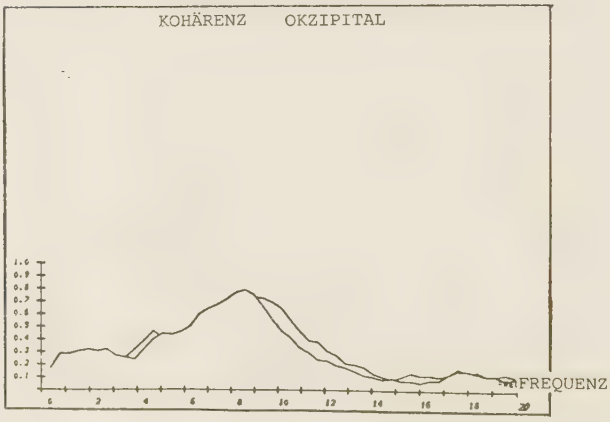


Abb. 10

Patient B.H. Dialyse-Nr. 258 (oben), 260 (unten)

Kohärenzen (=normierte Kreuzspektren) okzipital vor Dialyse (1. Profil) und nach Dialyse (2. Profil dahinter ohne X-Verschiebung). Ermittlung der einzelenen Profile wie in Abb. 9a. Dem Wert 1.0 auf der Ordinate entsprächen zwei völlig identische Powerspektren. Keine wesentliche Änderung der Kohärenz nach Dialyse.

PATIENT B.H. ♂ *29.10.1919

KREUZSPEKTREN UND PHASENWINKEL VOR UND NACH DIALYSE

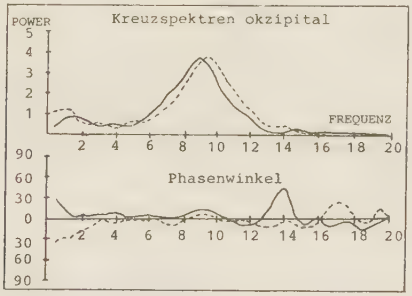


Abb. 11a

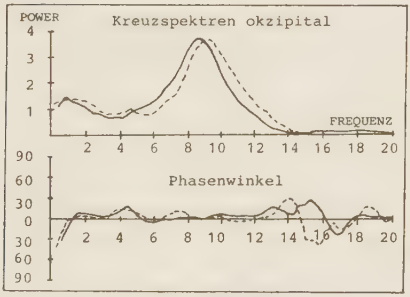


Abb. 11b

Abb. 11a, 11b

Patient B.H., Dialyse-Nr. 258 (Abb. 11a), 260 (Abb. 11b)

Jeweils oberer Bildteil: Powerspektrum vor (—) und nach (....) Dialyse.

Jeweils unterer Bildteil: Integral über Phasenwinkel pro Frequenzband vor (—) und nach (....) Dialyse.

Rechtsverschiebung im Powerspektrum nach Dialyse. Im Phasenwinkel im α- und ϑ-Frequenzbereich keine wesentliche Änderung.

PATIENT NR. 3 L.G., weibl., * 12.8.19

KREUZSPEKTREN PARIETAL VOR,WÄHREND U.NACH DIALYSE

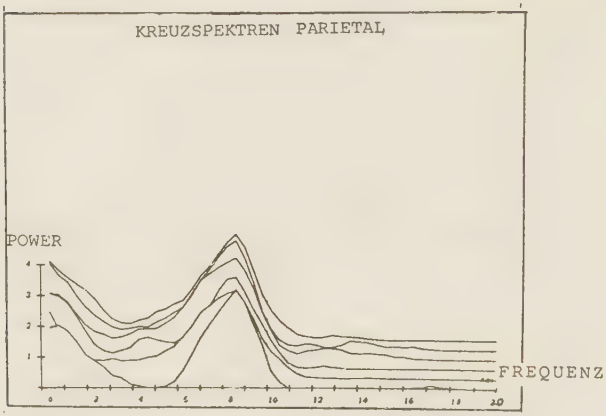


Abb. 12 a

Patient L.G. Dialyse-Nr. 278
Verlaufsdarstellung der Kreuzspektren parietal vor, während und nach Dialyse. Ermittlung der einzelnen Profile und Darstellung wie in Abb. 9a, hier jedoch ohne X-Verschiebung. Keine wesentliche Verschiebung der Powergipfel während und nach Dialyse.

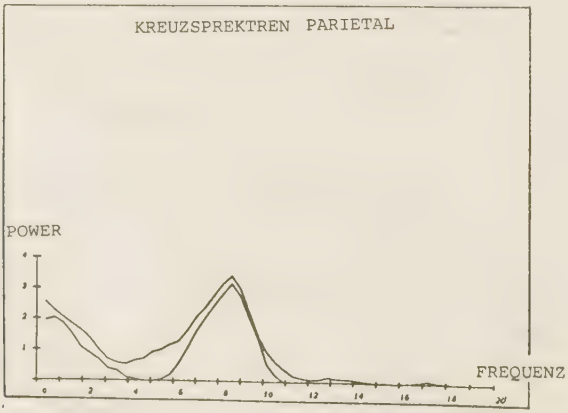


Abb. 12 b

Patient L.G. Dialyse-Nr. 278

Kreuzspektren parietal vor Dialyse (1. Profil) und nach Dialyse (2. Profil dahinter ohne X-Verschiebung). Keine Verschiebung des Powergipfels nach Dialyse.

PATIENT NR. 3 L.G., weibl., * 12.8.19

KREUZSPEKTREN PARIETAL VOR,WÄHREND U.NACH DIALYSE

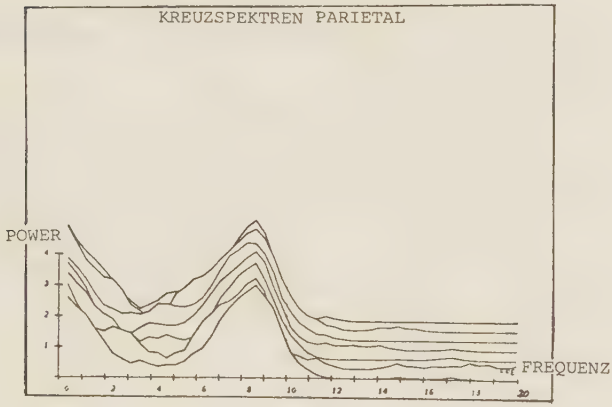


Abb. 13 a

Patient L.G. Dialyse-Nr. 279

Verlaufsdarstellung der Kreuzspektren parietal vor, während und nach Dialyse. Ermittlung der einzelnen Profile und Darstellung wie in Abb. 12a. Keine wesentliche Verschiebung der Powergipfel während und nach Dialyse.

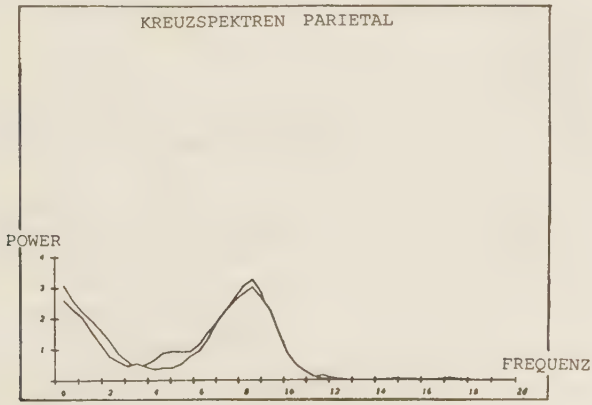


Abb. 13 b

Patient L.G. Dialyse-Nr. 279

Kreuzspektren parietal vor Dialyse (1. Profil) und nach Dialyse (2. Profil dahinter ohne X-Verschiebung). Keine Verschiebung des Powergipfels nach Dialyse.

die Veränderung der Phasenwinkel okzipital vor und nach Dialyse bei zwei untersuchten Dialysen (Patient Nr. 1, Dialyse-Nr. 258 und 260).

3.2.2. Patient Nr. 4, mit Beschwerden und Komplikationen im Dauerdialyseprogramm

Es wurden vier Dialysen untersucht (Dialyse-Nr. 288 bis 291), einmal wurde im dialysefreien Intervall das EEG abgeleitet. Die Veränderungen der mittels Fast-Fourier-Transformation parietal und okzipital über beiden Hemisphären ermittelten Kreuzspektren, Kohärenzen und Phasenwinkel sowie die Veränderungen der aus den Powerspektren berechneten Alpha-, Theta- und $\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}}$ - Indizes lassen sich für den Patient Nr. 4 wie folgt zusammenfassen:

1. In allen Ableitungen während Dialyse Abnahme des Theta-Indexes und Zunahme des Alpha-Indexes.
   Bei drei von vier Dialysen Zunahme des $\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}}$ - Indexes, bei einer Dialyse (Dialyse-Nr. 291) gegeringggradige Abnahme.
   Geringe Abweichung der Alpha-, Theta- und $\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}}$ - Indizes im dialysefreien Intervall von den Post-Dialysewerten vom Vortag.
   Vergleiche hierzu Tabelle 3b.
   Eine Zusammenstellung der EEG-Indizes, biochemischen und psychischen Befunden von Patient Nr. 4 zeigt Abb. 14.
2. Bei allen vier untersuchten Dialysen gleichsinnige Beziehung zwischen Alpha-Index-Zunahme und Kreatininkonzentrationsabnahme. Vergleiche hierzu Abb. 15, die die Beziehung zwischen Alpha-Index-Zunahme und Kreatininkonzentrationsabnahme zeigt.
3. In den okzipitalen Kreuzspektren bei allen vier untersuchten Dialysen Abnahme der Power im Thetafrequenzbereich und Rechtsverschiebung des Alphaspektrums. Bei zwei Dialysen (Dialyse-Nr. 289 und Nr. 291) leichte Abnahme des Powergipfels im Alphafrequenzbereich nach Dialyse.

Tabelle 4b

EEG-Parameter vor und nach Dialyse

Patient	Dialyse		$\frac{8-13 Hz}{4-13}$ α power-Index okzipital	$\frac{4-7}{4-13 Hz}$ ϑ power-Index okzipital	$\frac{\alpha\ max}{\vartheta\ max}$ power-Index okzipital
Nr. 4	Nr. 288 vom 11.5.77	vor Dialyse	0.367	0.632	0.78
		nach Dialyse	0.412	0.587	0.93
		Diff. in %	+ 12.2	- 7.1	+ 19.2
R.A.	Intervall am 12.5.77		0.407	0.592	0.80
*29.7.19	Nr. 289 vom 13.5.77	vor Dialyse	0.541	0.458	1.24
		nach Dialyse	0.635	0.364	1.36
		Diff. in %	+ 17.3	- 20.5	+ 9.6
	Nr. 290 vom 16.5.77	vor Dialyse	0.393	0.606	0.86
		nach Dialyse	0.439	0.560	1.00
		Diff. in %	+ 11.7	- 7.6	+ 16.2
	Nr. 291 vom 18.5.77	vor Dialyse	0.490	0.509	1.15
		nach Dialyse	0.506	0.493	1.14
		Diff. in %	+ 3.2	- 3.1	- 0.9

Abb. 14

Patient Nr. 4 , R. A., Dialyse-Nr. 288-291
Schematische Zusammenstellung der elektroenzphalographischen, blutchemischen und psychischen Befunde vor und nach Dialyse für jede untersuchte Dialyse. Eine EEG-Ableitung im dialysefreien Intervall.

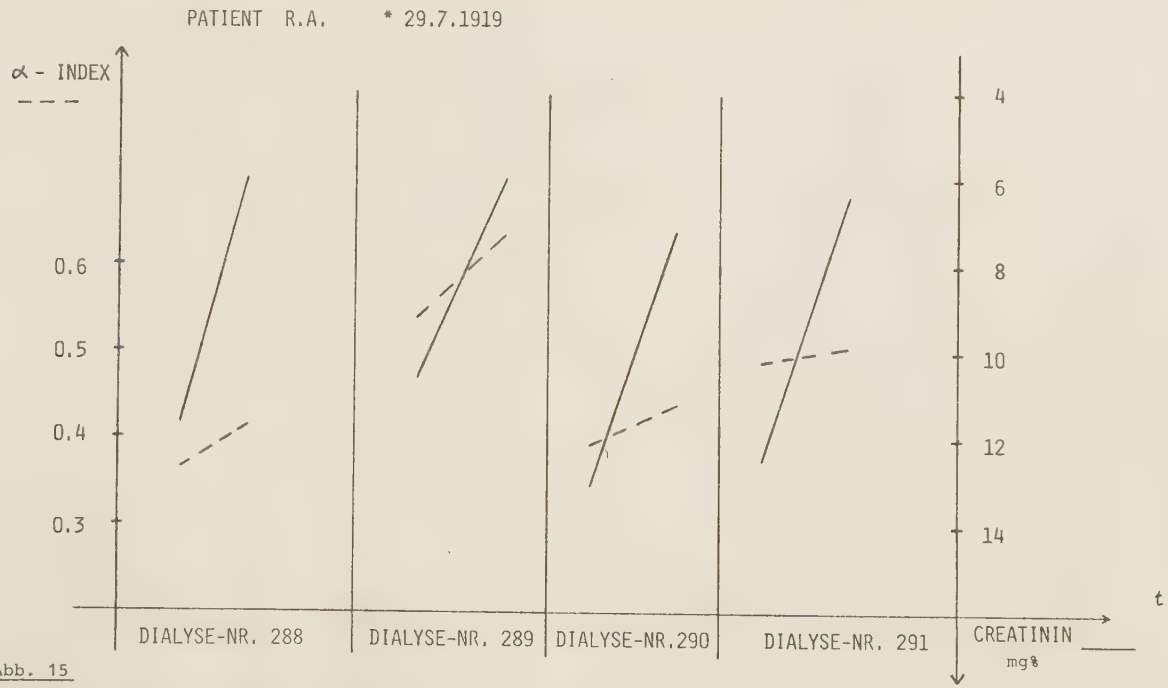


Abb. 15

Patient Nr. 4, R. A., Dialyse-Nr. 288-291
Verhältnis zwischen Creatininkonzentration (-) und α-Index (---) vor und nach Dialyse. Gleichsinnige Beziehung zwischen Creatininkonzentrationsabnahme und α-Indexzunahme bei jeder untersuchten Dialyse.

Vergleiche hierzu die Abb. 16 a-d, die die Veränderungen der okzipitalen Kreuzspektren vor, während und nach Dialyse zeigen.

4. In den parietalen Kreuzspektren bei allen 4 untersuchten Dialysen Abflachung des Leistungsgipfels im Thetafrequenzbereich, bei 2 untersuchten Dialysen (Dialyse-Nr. 288 und Nr. 290) leichte Zunahme des Powergipfels im Alphafrequenzbereich.
Vergleiche hierzu die Abb. 17 a-d, die die Veränderungen der parietalen Kreuzspektren vor, während und nach Dialyse zeigen.

5. In den okzipitalen und parietalen Ableitungen keine wesentliche Änderung der Kohärenzen und des Phasenwinkels im Alpha- und Thetafrequenzbereich vor, während und nach Dialyse.
Vergleiche hierzu die Abb. 18 a-d, die neben den okzipitalen Kreuzspektren vor und nach Dialyse die Phasenwinkel vor und nach Dialyse zeigen.

3.2.3. Patient Nr. 5, akute Aufnahme ins Dauerdialyseprogramm

Bei Patient Nr. 5 wurde die 4. bis 7. Dialyse untersucht, nachdem bei dem Patienten eine akute Dekompensation der renalen Leistung erfolgt war und eine Dauerdialysetherapie notwendig geworden war. Die Veränderungen der mittels Fast-Fourier-Transformation parietal und okzipital über beiden Hemisphären ermittelten Kreuzspektren, Kohärenzen und Phasenwinkel sowie die Veränderungen der aus den Powerspektren berechneten Alpha-, Theta- und $\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}}$ -Indizes lassen sich für den Patienten Nr. 5 wie folgt zusammenfassen:

1. Bei allen 4 Ableitungen nach Dialyse Abnahme des Thetaindexes und Zunahme des Alpha-Indexes.
Bei 3 Untersuchungen Zunahme des $\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}}$ -Index, bei

PATIENT NR. 4 R.A., männl., * 29.7.19

VERLAUFSDARSTELLUNG DER KREUZSPEKTREN PARIETAL VOR, WÄHREND UND NACH DIALYSE

Abb. 16 a

Dialyse-Nr. 288, 11.8.77

Kreuzspektren parietal. Ein Profil entspricht ca.120'' EEG.Zeitlicher Abstand zwischen den einzelnen Profilen 3o min. Erstes Profil vor Dialyse, letztes Profil nach Dialyse.Abnahme der Leistung im Thetafrequenzbereich, leichte Rechtsverschiebung des Gipfels im Alphafrequenzbereich.

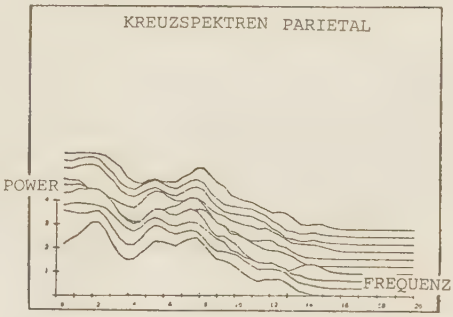


Abb. 16 b

Dialyse-Nr. 289, 13.8.77

Kreuzspektren parietal Darstellung siehe Abb. 16 a. Leichte Rechtsverschiebung des Spektrums.

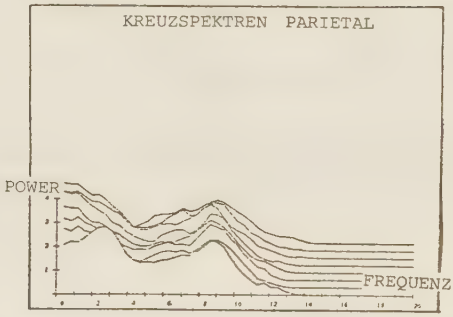


Abb. 16 c

Dialyse Nr. 290, 16.8.77

Kreuzspektrum parietal Darstellung siehe Abb. 16 a. Rechtsverschiebung des Spektrums im Alphafrequenzbereich.

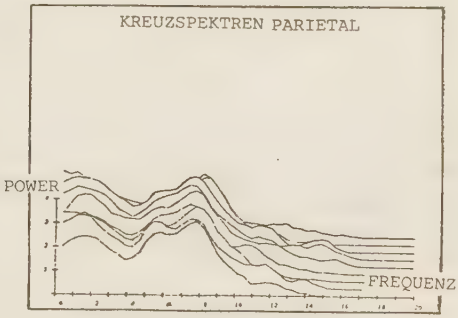
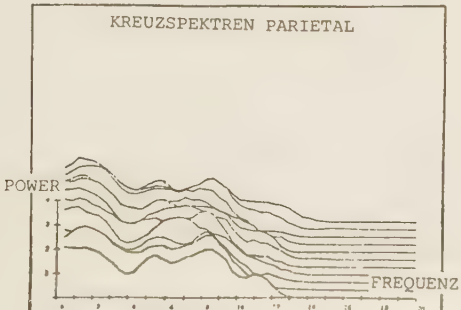


Abb. 16 d

Dialyse-Nr. 291, 18.8.77

Kreuzspektrum parietal Darstellung siehe Abb. 16 a. Leichte Rechtsverschiebung des Spektrums.



PATIENT NR. 4 R.A. männl., * 29.7.19

VERLAUFSDARSTELLUNG DER KREUZSPEKTREN OKZIPITAL VOR, WÄHREND UND NACH DIALYSE

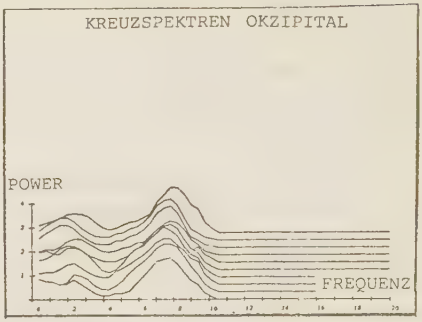


Abb. 17 a

Dialyse-Nr. 288, 11.8.77

Kreuzspektren okzipital. Darstellung wie in Abb. 16a. Rechtsverschiebung des Leistungsgipfels im Alphafrequenzbereich nach Dialyse.

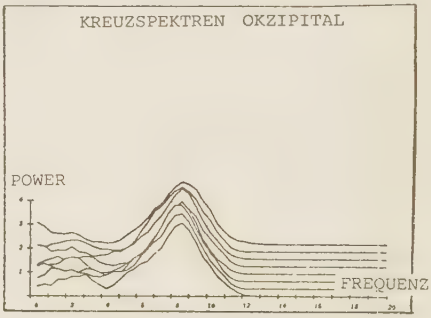


Abb. 17 b

Dialyse-Nr. 289, 13.8.77

Kreuzspektren okzipital. Darstellung wie in Abb. 16a. Leichte Rechtsverschiebung im Powerspektrum.

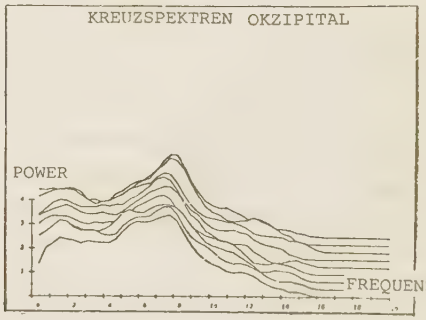


Abb. 17 c

Dialyse-Nr. 290, 16.8.77

Kreuzspektren okzipital. Darstellung wie in Abb. 16a. Powerzunahme und Rechtsverschiebung des Gipfels im Alphafrequenzbereich.

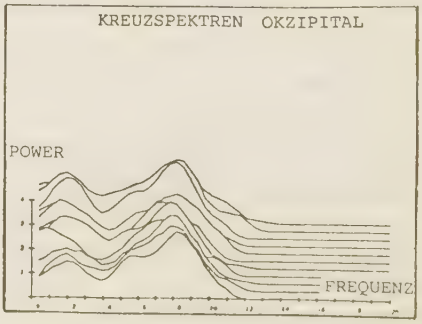


Abb. 17 c

Dialyse-Nr. 291, 18.8.77

Kreuzspektren okzipital. Darstellung wie in Abb. 16a. Powerzunahme und Rechtsverschiebung des Gipfels im Alphafrequenzbereich.

PATIENT NR. 4 R.A. ♂ *29.7.1919

KREUZSPEKTREN OKZIPITAL UND PHASENWINKEL VOR UND NACH DIALYSE

Abb. 18 a
Pat. R.A., Dialyse-Nr. 288
Kreuzspektren okzipital vor (-) und nach (...) Dialyse.

Integral über Phasenwinkel okzipital vor (-) und nach (...) Dialyse.

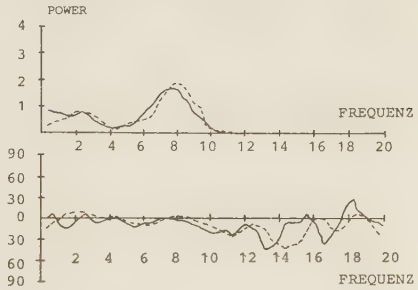
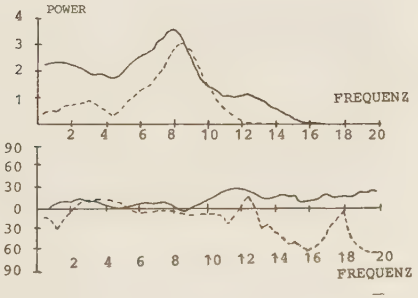


Abb. 18 b
Pat. R.A., Dialyse-Nr. 289
Kreuzspektren okzipital vor (-) und nach (...) Dialyse.

Integral über Phasenwinkel okzipital vor (-) und nach (...) Dialyse.



PATIENT NR. 4 R.A. ♂ *29.7.1919

KREUZSPEKTREN OKZIPITAL UND PHASENWINKEL VOR UND NACH DIALYSE

Abb. 18 c
Pat. R.A., Dialyse-Nr. 290
Kreuzspektren okzipital vor (-) und nach (...) Dialyse.

Integral über Phasenwinkel okzipital vor (-) und nach (...) Dialyse.

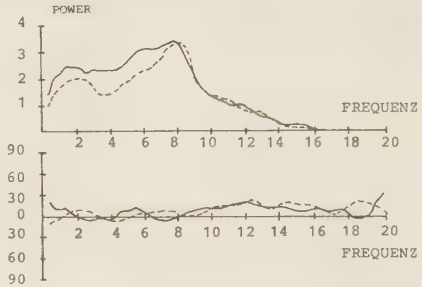
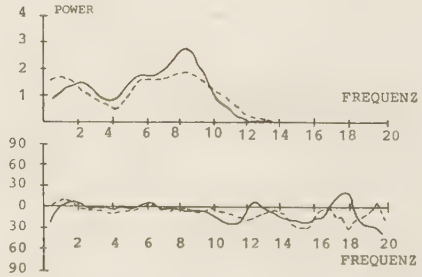


Abb. 18 d
Pat. R.A. , Dialyse-Nr. 291
Kreuzspektren okzipital vor (-) und nach (...) Dialyse.

Integral über Phasenwinkel okzipital vor (-) und nach (...) Dialyse.



einer Ableitung (Dialyse-Nr. 5) leichte Abnahme. Vergleiche hierzu Tabelle 3c.
Eine Zusammenstellung der EEG-Indizes, biochemischen und psychischen Befunde von Patient Nr. 5 zeigt Abb. 19.

2. In allen vier Ableitungen gleichsinnige Beziehung zwischen Alpha-Index-Zunahme und Kreatininkonzentrationsabnahme.
   Das Verhältnis zwischen Alpha-Index, Kreatininkonzentration und Befindlichkeitsscore zeigt Abb. 20.

3. In den okzipitalen Kreuzspektren bei allen vier Untersuchungen leichte Zunahme der Power und geringe Rechtsverschiebung im Alphafrequenzbereich.

4. In den parietalen Kreuzspektren bei allen vier Untersuchungen leichte Zunahme der Power und geringe Rechtsverschiebung im Alphafrequenzbereich. Vergleiche hierzu die Abb. 21 a und b, die bei zwei untersuchten Dialysen (Dialyse-Nr. 5, Dialyse-Nr. 7) die okzipitalen und parietalen Kreuzspektren vor, während und nach Dialyse zeigen.

5. In den okzipitalen und parietalen Ableitungen keine wesentliche Änderung der Kohärenzen und des Phasenwinkels im Alpha- und Thetafrequenzbereich vor, während und nach Dialyse.

4. Statistik

Bei der statistischen Auswertung der EEG-Daten ergibt sich für den Alpha-Index beim Zeichentest einseitig eine Signifikanz zum 0,5% Niveau, beim Wilcoxon-Test ebenfalls eine Signifikanz zum 0,5% Niveau. Für den Alpha-Index ergeben sich dieselben Ergebnisse beim Zeichentest, beim Wilcoxon-Test einseitig liegt die Signifikanzschwelle

unter 1% bzw. unter 2,5%, je nach dem wie die positiven Unterschiede gewertet werden. Beim $\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}}$ - Index liegen die Wertpaare beim Zeichentest einseitig signifikant zum 2,5% Niveau, beim Wilcoxon-Test einseitig liegt die Signifikanz beim 1% Niveau.

Tabelle 4c

EEG Parameter vor und nach Dialyse

Patient	Dialyse		8-13 Hz / 4-13 α power-Index okzipital	4-7 Hz / 4-13 ϑ power Index okzipital	α max / ϑ max power-Inde okzipital
Nr. 5	Nr. 4 vom 1.8.77	vor Dialyse	0.523	0.476	1.35
G.M.		nach Dialyse	0.534	0.465	1.62
		Diff. in %	+ 2.1	- 2.3	+ 20.0
* 13.1.44	Nr. 5 vom 2.8.77	vor Dialyse	0.489	0.510	1.20
		nach Dialyse	0.542	0.457	1.18
		Diff. in %	+ 10.8	- 10.3	- 1.7
	Nr. 6 vom 5.8.77	vor Dialyse	0.366	0.633	0.74
		nach Dialyse	0.428	0.571	1.00
		Diff. in %	+ 16.9	- 9.7	+ 35.1
	Nr. 7 vom 8.8.77	vor Dialyse	0.432	0.567	0.90
		nach Dialyse	0.468	0.531	1.00
		Diff. in %	+ 8.3	- 6.3	+ 11.1

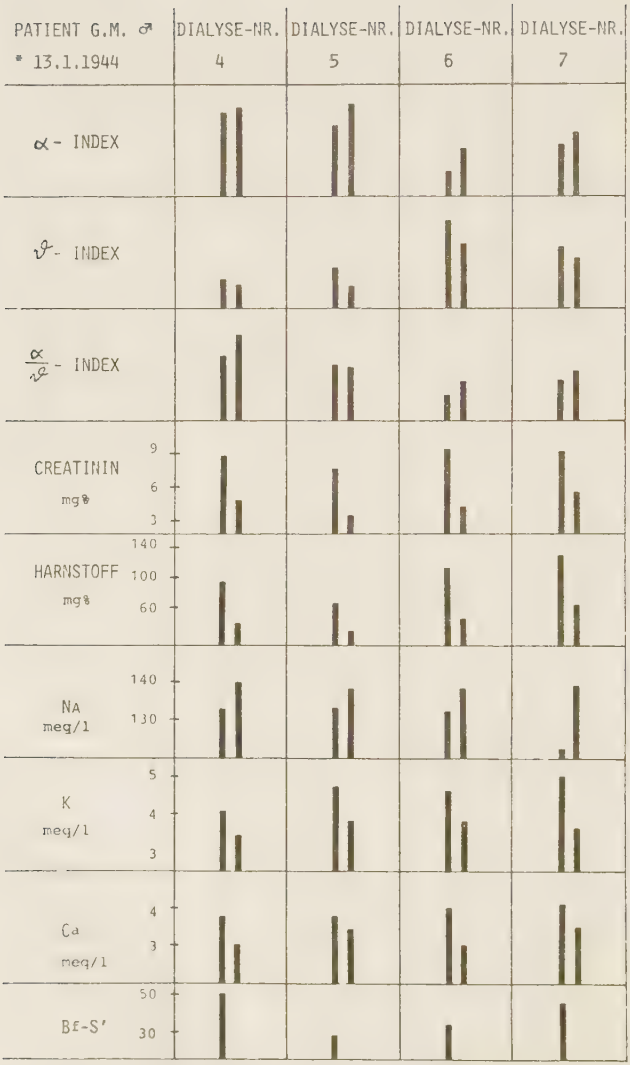


Abb. 19

Patient Nr. 5, G. M., Dialyse-Nr. 4-7
Schematische Zusammenstellung der elektroenzephalographischen, blutchemischen und psychischen Befunde vor und nach Dialyse für jede untersuchte Dialyse. Im Bf-S'score nur Werte vor Dialyse. Höchste Werte für α-Index an Tagen mit höchsten Werten für Creatinin und Harnstoff (Dialyse-Nr. 6 und 7).

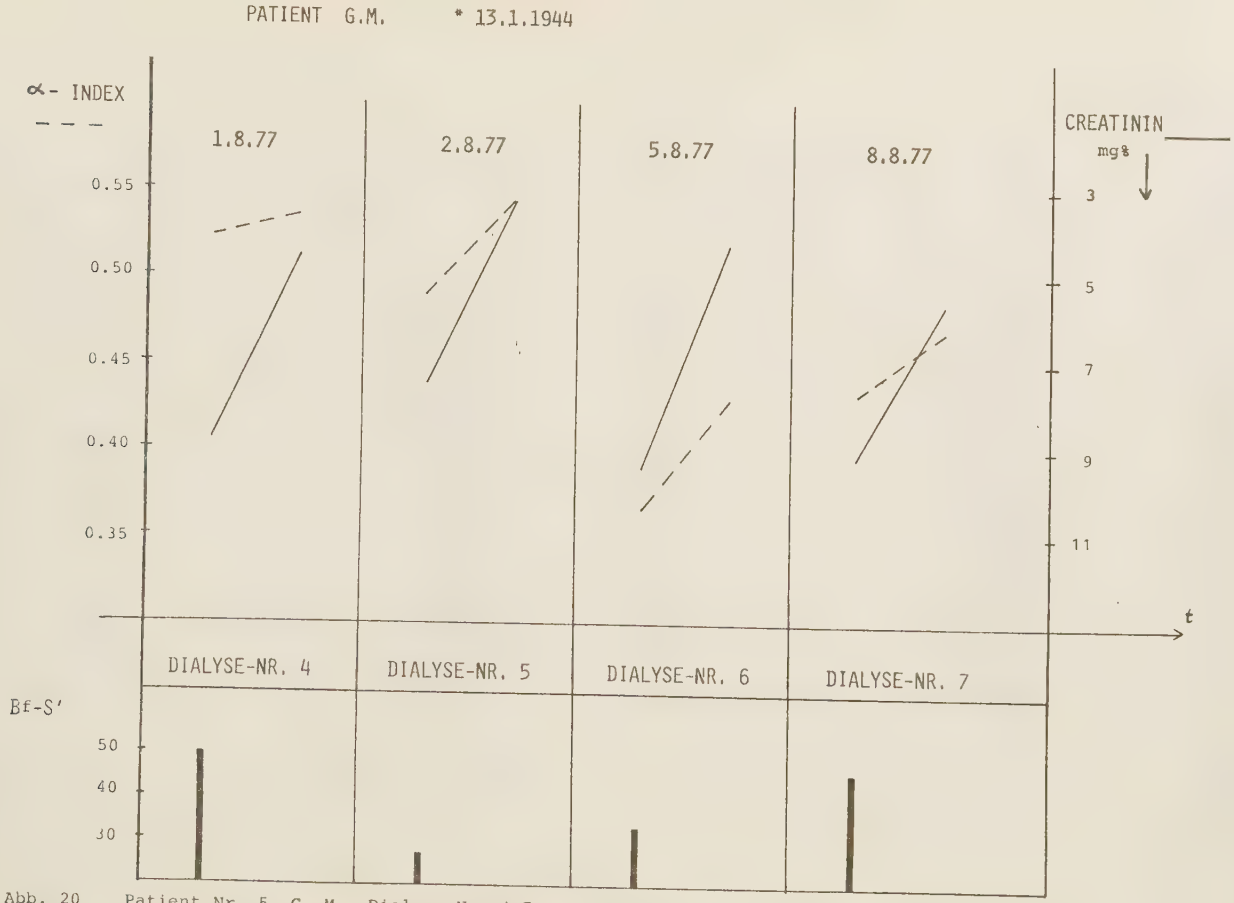
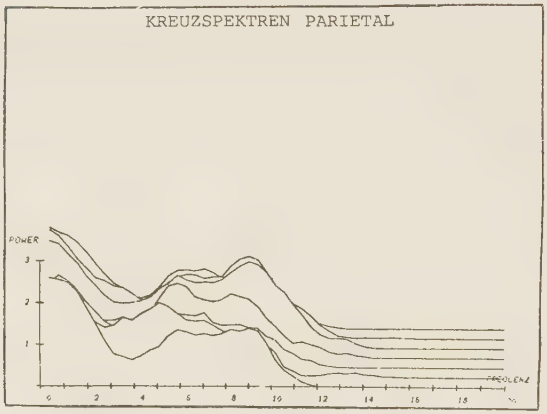


Abb. 20 Patient Nr. 5, G. M., Dialyse-Nr. 4-7
Verhältnis zwischen Creatininkonzentration (-), α-Index (---) und Befindlichkeitsscore vor und nach Dialyse. Im Bf-S'-score nur Werte vor Dialyse. Gleichsinnige Beziehung zwischen α-Index-Zunahme und Creatininkonzentrationsabnahme.

PATIENT NR. 5 G.M. männl., * 13.1.44

KREUZSPEKTREN PARIETAL U. OKZIPITAL VOR,WÄHREND U.NACH DIALYSE



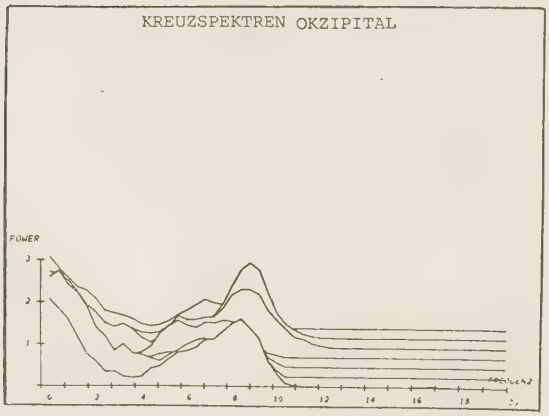


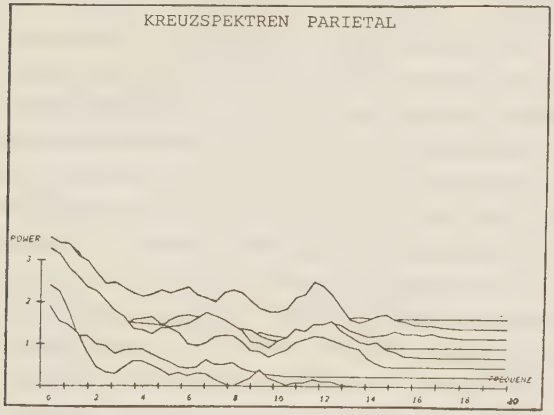
Abb. 21 a

Patient G.M. Dialyse-Nr. 5

Verlaufsdarstellung der Kreuzspektren parietal (oben) und okzipital (unten) vor, während und nach Dialyse. Ermittlung und Darstellung der einzelnen Profile wie Abb. 12a. Zunahme der Power und Gipfelverschiebung zum schnelleren Alphafrequenzbereich nach Dialyse.

PATIENT NR. 5 G.M. männl., * 13.1.44

KREUZSPEKTREN PARIETAL U.OKZIPITAL VOR, WÄHREND U.NACH DIALYSE



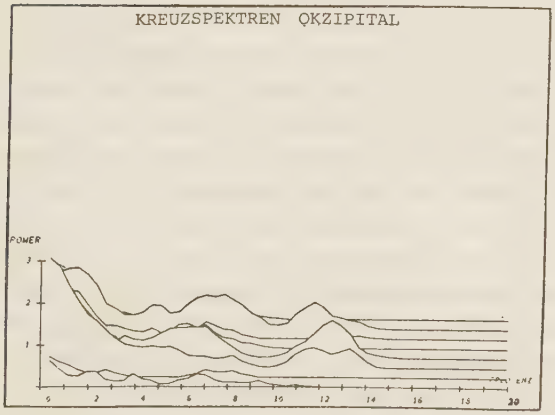


Abb. 21 b

Patient G.M. Dialyse-Nr. 7

Verlaufsdarstellung der Kreuzspektren parietal (oben) und okzipital (unten) vor, während und nach Dialyse (s. Abb. 21a). Vor Dialyse sehr niedergespanntes EEG. Ausbildung eines Powergipfels im raschen Alpha- und langsamen Betafrequenzbereich nach Dialyse.

D. Diskussion

Einleitend sei nochmals kurz auf die Fragestellung dieser Arbeit hingewiesen. Unter 3 verschiedenen klinischen Bedingungen wurden EEG-Registrierungen während 15 Dialysen bei terminalem Nierenversagen vorgenommen: sieben Untersuchungen während Dialysen in einem relativ stabilen klinischen Zustand, vier Untersuchungen während Dialysen in einem Zustand der "metabolischen Entgleisung" und vier Untersuchungen bei Dialysen bei akuter Aufnahme ins Dauerdialyseprogramm. In Frage stand dabei der Zusammenhang der EEG-Veränderungen mit den klinischen, biochemischen und psychischen Veränderungen während Hämodialyse und die Prüfung der Hypothese, inwieweit EEG-Registrierungen vor, während und nach Dialyse eine Art Monitor zur individuellen Abstimmung der Hämodialysetherapie darstellen könnten.

Betrachtet man die Befunde der visuellen Auswertung der EEG-Ableitungen vor Hämodialyse, so bestätigen die Ergebnisse die klinische Erfahrung, daß sich im visuell erfaßbaren EEG bei metabolischen Störungen eher akut auftretende Veränderungen abbilden, während chronifizierte pathologische Einflüsse oft mit einem normalen oder nur leicht pathologisch veränderten EEG-Befund einhergehen können. Auffallend ist jedoch bei der Gruppe der Patienten im Stadium der kompensierten Retention (Patient 1-3), daß sich auch die aktuellen biochemischen Veränderungen während jeder einzelnen Dialyse im visuellen EEG-Befund nicht niederschlagen. Dagegen zeigen die Untersuchungen bei den Patienten mit einem pathologisch veränderten Ausgangs-EEG (Patient 4 und 5) eine Verbesserung

des visuellen EEG-Befundes während jeder einzelnen Dialyse und im Verlauf einer Serie von Dialysen (Patient 4). Hier konnte im Verlauf von drei untersuchten Dialysen (Dialyse Nr. 289-291) eine kontinuierliche Abnahme der Thetaaktivität festgestellt werden, die einer leichten klinischen Besserung des Patienten parallel ging. Diese Befunde stehen in guter Übereinstimmung mit den Angaben aus der neueren Literatur (Prill 1967, Teschan 1975, Ginn 1975, Bourne 1975, Kiley 1976). Bei keiner der hier untersuchten Dialysen konnte im visuellen EEG-Befund eine Verschlechterung mit Zunahme pathologischer Frequenzen bzw. Auftreten von anfallstypischen oder anfallsverdächtigen Wellenformen während Hämodialyse gesehen werden, wie sie in früheren Arbeiten beschrieben worden sind (Klingler 1954, Kennedy 1964, Jacob 1965). Der Unterschied zu den Angaben aus früheren Arbeiten dürfte darin begründet sein, daß heute im allgemeinen "vorsichtiger", d.h. häufiger und in kürzeren Abständen dialysiert wird, um größere Konzentrationsgefälle von blutchemischen Variablen zu vermeiden, wie der Vergleich der Angaben über die Differenz der Prä- und Post-Dialysekonzentrationen von Kreatinin oder Harnstoff zeigt. So lagen bei Kennedy 1964 die Harnstoffkonzentrationen noch zwischen maximal 430 mg% vor und minimal 63 mg% nach Dialyse. In unserer Arbeit lagen die Werte für Harnstoff zwischen maximal 222 mg% vor und minimal 39 mg% nach Dialyse, Konzentrationen bzw. Konzentrationsunterschiede, die sich mit blutchemischen Befunden anderer, ähnlich gelagerter Untersuchungen der letzten Jahre vergleichen lassen (Spehr 1977, Neundörfer 1976, Pampiglione 1973, Hagstam 1971).

Während die Zuordnung von visuellen EEG-Befunden zur Klinik im allgemeinen recht gut gelingt, lassen sich

die Beziehungen zwischen EEG-Befunden und einzelnen biochemischen Parametern jedoch nur schwer analysieren. Dabei muß u.a. der Gesichtspunkt berücksichtigt werden, daß die im peripheren venösen Blut gemessenen Serumkonzentrationen von Stoffwechselprodukten oder Elektrolyten nur ein ungenaues Bild von den tatsächlichen, für die EEG-Veränderungen verantwortlichen zerebralen Verhältnisse vermitteln. [1)]

Die Untersuchungen über den möglichen Zusammenhang zwischen blutchemischen Veränderungen einerseits und elektroenzephalographischen bzw. psychischen Veränderungen andererseits während Hämodialyse wurden in dieser Studie eher unter einem "klinisch-pragmatischen" Gesichtspunkt durchgeführt, die grundlegenden theoretischen Aspekte dieses Problems können anhand der hier erhobenen Daten nicht diskutiert werden.

Der klinisch-pragmatische Gesichtspunkt war die Frage, inwieweit EEG-Veränderungen quantifiziert mittels spektralanalytischer Methoden bzw. psychische Veränderungen, quantifiziert mittels einer Befindlichkeitsskala ein sensibleres Meßinstrument zur Evaluierung der Hämodialysetherapie darstellen könnten, als die klinisch gebräuchlichen Kriterien wie Serumkonzentrationen von Kreatinin, Harnstoff und einiger Elektrolyte. Dabei taucht das Problem auf, mit welchem der blutchemischen Parameter die EEG-Befunde in Beziehung gebracht werden müssen. Bei den hier untersuchten Patienten zeigte sich, was die Elektrolytverschiebungen anbetrifft, generell eine Tendenz von Zuständen mit Hyperkaliämie/Hypokalzämie vor Dialyse zu Zuständen mit

1) Der Zusammenhang zwischen zerebralem Metabolismus und EEG-Veränderungen bei terminaler Niereninsuffizienz ist verschiedentlich untersucht worden (Heyman 1951, Scheinberg 1959, Gottstein 1967, Fishman 1965), wobei eine fragliche Stimulation der Natrium/Kalium-Pumpe mit Permeabilitätsveränderung der Blut-Hirn-Schranke, eine Verminderung der zerebralen Sauerstoff- und Glukoseaufnahme bzw. eine Beeinträchtigung des zerebralen Metabolismus durch die azidotische Stoffwechsellage diskutiert wurden. Auf diese Untersuchungen kann im Rahmen der hier zur Diskussion stehenden Fragen nicht näher eingegangen werden.

Hypokaliämie/Hyperkalzämie nach Dialyse, daneben ließ sich eine Tendenz zur Hyponatriämie vor Dialyse erkennen. Die Abnahme der Kreatinin- bzw. Harnstoffkonzentrationen im Serum war je nach klinischem Zustand unterschiedlich, jedoch eindeutig. Nach Cadilhac (1961,1976) sollen metabolische Störungen mit Hyperhydrierung bzw. Hyponatriämie, Alkalose und der Kombination Hyperkaliämie und Hypokalzämie mit deutlicheren EEG-Veränderungen einhergehen als Zustände mit Dehydrierung, Azidose und Hypokalzämie. Hagstam (1971) stellte dagegen fest: "It has not been possible to show a conclusive relation between the EEG frequency content and the serum-sodium concentration", während: "a tendency was noted towards falling frequency-index with lowering serum calcium concentration". Spehr (1977) fand bei hohen Harnstoff- und Kaliumkonzentrationen oft EEG-Befunde mit niederer Amplitude und schneller Hintergrundaktivität. Die Aussage von Spehr findet in unseren Daten keine Bestätigung, hier zeigten sich bei den jeweils höchsten Harnstoff- und Kaliumwerten vor Dialyse (Patient 4, Dialyse-Nr. 288, 290) auch die höchsten Werte für den Theta-Index.

Einsichtiger als der Versuch der Zuordnung der EEG-Befunde zu isoliert betrachteten biochemischen Parametern scheint die Zuordnung der EEG-Daten zur Serumkonzentration von Kreatinin zu sein. Die Kreatininkonzentration im Serum steht in direktem Zusammenhang mit der Einschränkung des Glomerulumfiltrates und damit zum Ausmaß der Einschränkung der renalen Filtrationsleistung (Siegenthaler 1973). In der Klinik ist die Serumkonzentration von Kreatinin das gebräuchliche Maß für die Einschätzung der Schwere des urämischen Syndroms (Teschan 1972). Die Beziehungen

zwischen Veränderung der Kreatininkonzentration und Veränderung der Powerspektren im EEG dürften demnach für die hier interessierende Frage von größter Bedeutung sein.

Der sich in dieser Studie bei 13 von 15 Verlaufsuntersuchungen manifestierende signifikante Trend der okzipitalen Powerspektren zum schnelleren Frequenzanteil während und nach Dialyse steht in guter Übereinstimmung mit Ergebnissen ähnlicher Untersuchungen, die jedoch nur EEG-Abschnitte vor und nach Dialyse verglichen (Ginn 1975, Teschan 1975, Bourne 1975, Kiley & Woodraff 1976, Spehr 1977). Ginn fand eine Abnahme des $\frac{3-7\ Hz}{3-13\ Hz}$ Power-Index nach Dialyse und eine Zunahme dieses Indexes mit Anstieg der Kreatininkonzentration. Eine Abnahme dieses Indexes nach Dialyse, selbst bei Patienten, deren EEG vor Dialyse im Normbereich lag, konnte Teschan zeigen, der neben einer linearen Beziehung dieses $\frac{3-7\ Hz}{3-13\ Hz}$ Power-Index zur Kreatininkonzentration auch eine Abhängigkeit zur Dialysehäufigkeit fand. Spehr betonte die Uneinheitlichkeit der Veränderungen im Powerspektrum nach Dialyse konnte jedoch einen Trend zur Verschiebung des Powergipfels zum schnelleren Frequenzanteil feststellen.
Teschan's Befund einer linearen Beziehung zwischen Theta-Index und Kreatininkonzentration konnte in unseren Daten nicht reproduziert werden. Es fand sich zwar bei 13 von 15 untersuchten Dialysen eine gleichsinnige Beziehung zwischen Alpha-Index-Zunahme bzw. Theta-Index-Abnahme mit Kreatininkonzentrationsabnahme, das Ausmaß der Gleichsinnigkeit war jedoch jedesmal verschieden, bei 2 Untersuchungen bestand überhaupt eine gegensinnige Beziehung. Bei der Interpretation der

unterschiedlichen Ausprägung der Alpha-Index-Zunahme bei relativer Konstanz der Kreatininkonzentrationsabnahme müssen zwei Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Betrachtet man das jeweilige Ausgangsniveau des Alpha-Index vor Dialyse, so findet sich bei höherem Ausgangsniveau eine geringere Zunahme als bei niederem Ausgangsniveau. Diese Aussage trifft jedoch nicht für alle Untersuchungen zu, so daß zur Interpretation dieser Befunde noch eine zweite Hypothese herangezogen werden kann: In der unterschiedlichen Ausprägung der Alpha-Index-Zunahme bei relativer Konstanz der Kreatininkonzentrationsabnahme (die ja nur die klinische Praxis wiederspiegelt, da die Kreatininkonzentration der Parameter ist, nachdem Häufigkeit und Dauer der Dialyse "eingestellt" werden) drückt sich eine höhere "Empfindlichkeit"des EEG in Bezug auf die Erfassung von metabolischen Veränderungen aus. Das heißt: ein geringerer Anstieg im Alpha-Index als gewöhnlich bei sonst zufriedenstellender Reduktion der Kreatinin- und Harnstoffwerte könnte u.Umständen eine ungenügende Blutwäsche signalisieren bzw. eine allgemeine Verschlechterung des Patienten andeuten. Zur Überprüfung dieser Hypothese bedürfte es jedoch weitergehender Untersuchungen eines größeren Kollektivs von Dialyse-Patienten.

Was die Ergebnisse der Gruppe der Patienten im Stadium der kompensierten Retention betrifft (Patienten 1-3), so können die Befunde dahingehend interpretiert werden, daß sich mittels Spektralanalyse, auch bei visuell beurteiltem Normalbefund im EEG eine Verlangsamung vor Dialyse nachweisen läßt, die Dialyseabhängigkeit zeigt. Daraus kann gefolgert werden, daß durch die Hämodialyse das Powerspektrum der Patienten einem hypothetischen

"Normalspektrum" angenähert wird. Untersuchungen über Dynamik bzw. Konstanz der Alphaaktivität (Itil & Saletu 1974, Simon 1978) haben zeigen können, daß der Alphaaktivität hohe intraindividuelle Konstanz zukommt. Unter Berücksichtigung dieser Befunde ist es eher unwahrscheinlich, daß die sich in den Verlaufsuntersuchungen abbildenden Veränderungen der Powerspektren während und nach Dialyse durch Tagesschwankungen oder Vigilanzänderungen bedingt sein könnten.[2)]

Schwierigkeiten bereitet die Interpretation der Ergebnisse bei denen sich eine Abnahme des Alpha-Index bzw. eine leichte Linksverschiebung im Powerspektrum nach Dialyse zeigte. Es ist unwahrscheinlich, daß die Alpha-Index-Abnahme bzw. Linksverschiebung im Powerspektrum Ausdruck eines Dialyse-Dysäquilibrium-Syndroms (Kennedy 1964) sein könnten, da sich die Dialysen mit Alpha-Index-Abnahme nicht wesentlich von denen mit Alpha-Index-Zunahme unterschieden, was die blutchemischen Parameter und die Dialysedauer bzw. -häufigkeit betrifft. Kiley und Woodraff (1976) hatten nachgewiesen, daß die EEG-Veränderungen bei Dialyse-Patienten neben der Abhängigkeit von der Schwere des klinischen Zustandes, Dauer der Erkrankung und Dauer der Dialysetherapie insgesamt auch eine Abhängigkeit von bestimmten Variablen des Dialyse-Designs zeigten, wobei sie die Quadratmeterstundenzahl pro Woche und den Abstand der Dialysen in Tagen hervorhoben (Die EEG-Veränderungen waren bei den Patienten um so geringer, je kürzer der Abstand der Dialysen in Tagen und je höher die

2) Es gibt einen Hinweis von Prüll, der bei zwei gesunden jugendlichen Probanden im Tagesverlauf eine Rechtsverschiebung im Powerspektrum (d.h. zum schnelleren Frequenzanteil) gesehen hat (Prüll 1974, mündliche Mitteilung). Bisher fehlt jede Bestätigung dieses Befundes anhand parametrischer Untersuchungen.

Quadratmeterstundenzahl pro Woche waren). Die hier in Frage kommenden Dialysen (Patient 1, Dialyse Nr. 259 und Patient 3, Dialyse Nr. 278) unterschieden sich nicht in den von Kiley und Woodraff angegebenen Kriterien von anderen Dialysen derselben Patienten, bei denen sich eine Alpha-Index-Zunahme zeigte.
Für die Reagibilität der Alphaaktivität ist das Ausgangsniveau der Alphaaktivität von großer Wichtigkeit (Simon 1978). Wie schon bei der Interpretation der unterschiedlichen Ausprägung der Alpha-Index-Zunahme erwähnt, fand sich auch in den Fällen mit Alpha-Index-Abnahme während Hämodialyse ein im Vergleich etwas erhöhtes Ausgangsniveau der relativen Power, während die Häufigkeit der Alphawellen pro 30-Sekunden-Epoche bzw. die Mittelfrequenz in den Ausgangswerten keine sicheren Unterschiede zeigten. Da die Unterschiede im Ausgangsniveau jedoch sehr gering waren und sich auch zwischen Dialysen mit Alpha-Index-Zunahme Unterschiede im Ausgangsniveau zeigten, muß noch eine zweite Erklärungsmöglichkeit in Betracht gezogen werden. Von Alfrey wurde 1972 erstmals eine Komplikation der Dauerdialysetherapie beschrieben, die als subakute Dialyse-Enzephalopathie bezeichnet wurde(Burks 1976 , Ledermann 1976, Peterson und Swanson 1976). Das Syndrom geht mit charakteristischen klinischen und elektroenzephalographischen Veränderungen einher. Nach den Untersuchungen von Nadel (1976) muß eine spektralanalytisch erfaßte Verlangsamung des EEG während Hämodialyse unter Umständen als fragliches Vorzeichen einer sich entwickelnden Dialyse-Enzephalopathie diskutiert werden.

Bei einem Vergleich der Ergebnisse von Patient 4 und 5 mit den Befunden der Patienten 1-3 läßt sich bei Patient Nr. 4 gut die Abhängigkeit der EEG-Veränderungen

von zeitlichen Faktoren demonstrieren. Neben der Abnahme des Theta-Index während jeder untersuchten Dialyse, finden sich an den Tagen mit der höchsten Harnstoff- und Kreatininkonzentration (Dialyse Nr. 288 und 290) auch die höchsten Werte für den Theta-Index bzw. die niedrigsten Alpha-Index-Werte. Der zeitliche Abstand zur letzten Dialyse betrug bei Dialyse Nr. 288 und Nr. 290 jeweils drei Tage, gegenüber zwei Tagen zwischen Dialyse Nr. 288 und Nr. 289. Bei Patient Nr. 5 läßt sich eine ähnlicher Zusammenhang zwischen Theta-Index, Harnstoff- und Kreatininkonzentration einerseits und zeitlichem Abstand der Dialysen andererseits feststellen. So findet sich mit den höchsten Harnstoff- und Kreatininkonzentrationen bei Dialyse Nr. 6 auch der höchste Theta-Index, der Anstieg des Theta-Index im Vergleich zur Vor-Dialyse (zeitlicher Abstand drei Tage) ist steiler als der Anstieg zwischen Dialyse Nr. 4 und Nr. 5 (zeitlicher Abstand ein Tag). Diese Befunde können, zusammen mit den differenzierten Veränderungen des Alpha-Index während Hämodialyse zur Stützung der Arbeitshypothese herangezogen werden, daß das EEG, quantifiziert mittels spektralanalytischer Methoden, sich eigne, als eine Art Monitor zur Therapie-Effizienzkontrolle bei Hämodialyse eingesetzt zu werden.

Als interessanter Befund ist noch zu erwähnen, daß der $\frac{\text{Alpha-Max.}}{\text{Theta-Max.}}$ -Index nicht immer mit dem Alpha-Index in seiner Gerichtetheit übereinstimmt (drei Abweichungen). Der Nachweis dieser Abweichung einzelner Frequenzanteile vom Verhalten des Gesamt-Frequenzbandes betont die "Eigenständigkeit" einzelner Frequenzanteile in den willkürlich gezogenen Grenzen von Alpha- und Theta-Frequenzbereich.

Was die Untersuchungen zur Befindlichkeit der Patienten

betrifft, so müssen zwei Aspekte dieser Befunde diskutiert werden. Eine deutliche Beeinträchtigung der Befindlichkeit fand sich nur bei Patient Nr. 5, der neu in das Dauer-Dialyseprogramm aufgenommen worden war. Daly (1969) charakterisierte die Problematik der Patienten, die zu Dauer-Dialyse-Patienten werden, als eine doppelte Anpassungsleistung, zum einen an ein fremdes biologisch-mechanisches System, zum anderen an eine veränderte soziale Umgebung, nämlich das Dialyse-Team und die veränderte Familiensituation. Als häufigste Reaktionsform auf die veränderte Lebenssituation wurde neben paranoiden Psychosen und maniformen Zustandsbildern die Depression beschrieben (Brown 1962, Cramond 1967, Daly 1969, Rahäuser 1970, Speidel 1970, Strauch und Häfner 1970).

Beim Versuch der Interpretation der Uneinheitlichkeit der Ergebnisse der übrigen Patienten müssen mehrere Punkte berücksichtigt werden: Bei den Angaben zur Befindlichkeit könnte ein Simulations- bzw. Verleugnungseffekt eine Rolle spielen. Daneben könnte die Befindlichkeit der Patienten überhaupt mit einer anderen Zeitkonstante reagieren,als mit der hier die Ergebnisse erfaßt wurden, d.h. Stimmungsschwankungen, die im Zusammenhang mit Hämodialyse auftreten, könnten sich erst mit einer Verzögerung von Stunden oder Tagen bemerkbar machen. Am wahrscheinlichsten scheint jedoch die Erklärung, daß beim klinisch ausreichend kompensierten Dauer-Dialyse-Patienten die durch die Dialyse hervorgerufenen biologischen Veränderungen zu gering sind, um sich in einer akuten Befindlichkeitsänderung niederzuschlagen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die erste Hypthese dieser Arbeit (EEG als Monitor zur Therapiekontrolle bei Hämodialyse) durch die hier erhobenen Untersuchungsergebnisse gestützt wird, daß eine letztliche Überprüfung jedoch nur an einem größeren und einheitlicheren Patientenkollektiv vorgenommen werden kann. Dafür dürfte sich vorallem die Gruppe der Patienten im Stadium der kompensierten Retention eignen, da hier Klinik und Biochemie im Vergleich zum EEG offensichtlich am wenigsten Differenzierungsmöglichkeiten bieten.
Die zweite Hypothese, daß quantifizierende Skalen zum Nachweis systematischer Befindlichkeitsänderungen während und nach Dialyse unter Umständen ein einfaches und reliables Instrument zur Therapie-Effizienzkontrolle darstellen könnten, wurde durch die hier vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigt.

E. Zusammenfassung

1. Es wurden unter drei verschiedenen klinischen Bedingungen EEG-Verlaufsuntersuchungen während 15 Hämodialysen bei terminalem Nierenversagen vorgenommen. Untersucht wurde der Zusammenhang der EEG-Veränderungen mit den klinischen, biochemischen und psychischen Veränderungen (Befindlichkeit) während Hämodialyse. Es wurde die Hypothese geprüft, inwieweit die EEG-Registrierungen vor, während und nach Hämodialyse, quantifiziert mittels spektralanalytischer Methoden, eine Art Monitor zur individuellen Abstimmung der Hämodialysetherapie darstellen könnten.

2. Bei 13 von 15 Untersuchungen zeigte sich im Vergleich vor und nach Dialyse eine gleichsinnige, jedoch unterschiedliche Beziehung zwischen Kreatinin-Konzentrationsabnahme und Alpha-Index-Zunahme, in 14 von 15 Untersuchungen eine Rechtsverschiebung im Powerspektrum im Alphafrequenzbereich bzw. eine Abnahme der Power im Thetafrequenzbereich.
   Bei der Interpretation der Befunde mit Alpha-Index-Abnahme bzw. Theta-Index-Zunahme während Hämodialyse muß neben dem Ausgangsniveau der Alphaaktivität auch die subakute Dialyse-Enzephalopathie mit in Betracht gezogen werden.

3. Die Untersuchungen zur Befindlichkeit zeigten nur bei einem neu ins Dialyseprogramm aufgenommenen Patienten eine deutliche Beeinträchtigung der Stimmungslage, die Ergebnisse bei den übrigen Patienten waren uneinheitlich, es zeigte sich fast ebenso häufig eine Besserung wie eine Verschlechterung im Befindlichkeitsscore im Vergleich vor und nach Hämodialyse.

4. Die im Vergleich zur Klinik und zu den psychischen Veränderungen (Befindlichkeit) bzw. biochemischen Veränderungen (Kreatininkonzentration) differenzierteren Veränderungen des Alpha-Index im Vergleich vor und nach Dialyse, sowie die gute Korrelation mit zeitlichen Faktoren des Dialyse-Designs können zur Stützung der Hypothese, daß sich das EEG als Monitor zur Therapie-Effizienzkontrolle bei Hämodialyse eigne, herangezogen werden. Zur sicheren Überprüfung dieser Hypothese bedarf es jedoch weiterer Untersuchungen bei einem größeren und einheitlicheren Patientenkollektiv.

F. Literaturverzeichnis

1. Bennhold, I., St. Kubicki and M. Kessel:

The influence of glucose concentration in the dialysate on the electroencephalograms of uraemic patients.

Proceedings of the European Dial. Transpl. Ass. 11:13-18, 1965.

2. Bourne, J.,R., J.W. Ward, P.E. Teschan, M. Musso, H.B. Johnston jr. and H.E. Ginn:

Quantitative assessment of the electroencephalogram in renal disease.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 39: 377-388, 1975.

3. Bourne, J.,R., F.M. Miezin, J.W. Ward and P.E. Teschan:

Computer quantification of elektroencephalographic data recorded from renal patients.

Comput. Biomed. Res. 8: 461-473, 1965.

4. Brown. H.,W., J.F. Maher, L. Lapierre et al.:

Clinical problems related to the prolonged artificial maintenance of life by haemodialysis in chronic renal failure.

Trans. amer. Soc. artif. Organs 8: 281-291, 1962.

5. Burks, J.,S., A.C. Alfrey, J. Huddlestone et al.:

A fatal encephalopathy in chronic haemodialysis patients.

Lancet, April 10: 764-768, 1976.

6. Cadilhac, J., and M. Ribstein:

The EEG in metabolic disorders.

World Neurology 2: 296 - 3o8, 1961.

7. Cadilhac, J.:

The EEG in renal insufficiancy.

In: Handbook clin. Neurophysiology,Band 15 C, Section IV: 51 - 69, 1976.

8. Castan, Ph.:

Les manifestations nerveuse de l'uremie.

La Presse Medicale, 75 : 2443-2447, 1967.

9. Chokroverty, S., M.E. Bruetman, V. Berger and M.G. Reyes:

Progressive dialytic encephalopathy.

Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 39: 411-419, 1976.

10. Cramond, W.,A., P.R. Knight and J.R. Lawrence:

The psychiatric contribution to a renal unit undertaking chronic haemodialysis and renal homotransplantation.

Brit. J. Psychiat. 113: 1201 - 1212, 1967.

11. Daly, R.,J.:

Psychiatric aspects of maintenance haemodialysis.

IVth int. Congress of Nephrology, Stockholm 1969, Vol. 3: 121-130.

12. Dürr, F., E. Zysno und H. Nieth:

Der Einfluß der extrakorporalen Hämodialyse auf das Electroencephalogramm bei akutem und chronischem Nierenversagen.

Klin. Wschr. 43: 1140 - 1147, 1965.

13. Fishman, R.,A. and N.H. Raskin:

Experimental uremic encephalopathy: Permeability, ion exchange and brain "spaces".

Trans. Amer. Neurol. Ass. 90: 71-75, 1965.

14. Funder, J., and J.O. Wieth:

Changes in cerebrospinal fluid composition following hemodialysis.

Scand.J.clin.Lab. Invest. 19: 3o1 - 312, 1967.

15. Funck-Brentano, J.,L., I. Lossky-Nekhorocheff et J. Altman:

Etude expérimentale des manifestations cérébrales de l'intoxication par l'eau.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 12: 185-191, 1960.

16. Gastaut, H., A. Murisesco, R. Naquet and J. Papy:

Epileptic attacks during renal insufficiency.

Elektroenceph. clin. Neurophysiol. 2o: 210, 1966.

17. Ginn, H.,E., P.E. Teschan, Ph.J. Walker, J.R. Bourne et al.:

Neurotoxicity in uremia.

Kidney International 7 : 357-360, 1975.

18. Glaser, G.,H.:

Metabolic encephalopathy in hepatic, renal and pulmonary disorders.

Post. Grad. Med. 27: 611-619, 1960

19. Gottstein, U.:

Zirkulation, Sauerstoff- und Glucosestoffwechsel des Gehirns bei den Encephalopathien.

Verh.dtsch. Ges. Inn. Med. 72: 185-198, 1967.

2o. Hagstam, K.-E.:

EEG frequency content related to chemical blood parameters in chronic uraemia.

Scandinavian Journal of Urology and Nephrology, Supp.7: 5 - 48, 1971.

21. Hampers, C.,L., P.B. Doak, M.N. Callaghan et al.:

The electroencephalogram and spinal fluid during hemodialysis.

Arch.Intern Med. 118: 340-346, 1966

22. Heyman, A., J.L. Paterson and R.W. Jones:

Cerebral circulation and metabolism in uremia.
Circulation 3: 558-563, 1951.

23. Hughes, J.,G., S. Fontaine et al.:

Electroencephalographic findings in acute nephritis.
J. Pediatr. 36: 451, 1950.

24. Itil, T.,M., B. Saletu, J. Davis and M. Allen:

Stability studies in schizophrenics and normals using computer-analysed EEG.
Biol. Psychiat. 8: 321 - 335, 1974.

25. Jacob, J.,C., P. Gloor, O.H. Elwan et al.:

Electroencephalographic changes in chronic renal failure.
Neurology 15: 419-429, 1965.

26. Kennedy, A.,C., A.L. Linton, R.G. Luke and S. Renfrew:

Electroencephalographic changes during haemodialysis.
Lancet 1: 4o8-411, 1963.

27. Kerr, D.,N. and J.W. Osselton:

The EEG as a monitor of cerebral disturbance during fast and slow haemodialysis of patients in chronic renal failure.
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 23: 488, 1967.

28. Kiley, J. and O. Hines:

Electroencephalographic evaluation of uremia.
Arch. Intern Med. 116: 67-73, 1965.

29. Kiley, J.,E., M.W. Woodruff and K.L. Pratt:

Evaluation of encephalopathy by EEG frequency analysis in chronic dialysis patients.
Clinical Nephrology, 5(6): 245-250, 1976.

30. Kiley, J.,E., K.L. Pratt, D.G. Gisser and C.A. Schaffer:

Techniques of EEG frequency analysis for evaluation of uremic encephalopathy.

Clinical Nephrology, 5(6): 279-285, 1976.

31. Klingler, M.:

EEG observations in uremia.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 6: 519, 1954.

32. Krump, J.,E.:

Die klinische Bedeutung des Elektroencephalogramms bei Vergiftungen, Endotoxicosen u. Endokrinopathien.

Dtsch.Intern.Tagg. Leipzig, Sitzung 3.-5.11.1955 p.133 VEB Verl. Volk u. Gesundheit, Berlin 1956.

33. Krump, J., E.:

The EEG in internal medicine.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 6 : 518, 1954.

34. Lavy, S. and A. Aviram:

EEG changes in uraemic patients undergoing regular haemodialysis.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 27: 217, 1969.

35. Ledermann, R.,J., Ch.E. Henry and M.C. Steinberg:

Progressive Dialysis Encephalopathy: clinical, EEG, and neuropathologic features.

Trans. Am. Neurol. Assoc. 101: 260-261, 1976.

36. Lossky-Nekhorocheff L., A. Lerique-Koechlin, J.L. Funck-Brentano et M. Delprat:

L'EEG dans les anuries aiguës hyperazotemiques.

Rev. Neurol. 100: 317, 1951.

37. Luijten, J.,A.,F.,M., W.S. van Leeuwen and F.G.I. Jennekens:

EEG in uraemic patients with neuropathy.
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 28: 425, 1970.

38. Mechelse, K.:

EEG in dialysis.
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 24: 96, 1968

39. Meyrier, A., E. Blanc, A. Reignier and G. Richet:

Unusual aspects of the dialysis disequilibrium syndrome.
Clin. Nephrology, 6(1): 311-314, 1976.

4o. Mises, J., A. Lerique-Koechlin and B. Rimbot:

The electroencephalogram during renal insufficiency.
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 25: 91, 1968.

41. Moeller, J. und O.R. Mantz:

Elektroencephalographische Befunde in der Inneren Medizin.
Klin. Wschr. 29: 4oo, 1951.

42. Nadel, A.,M., and W.P. Wilson:

Dialysis encephalopathy: A possible seizure disorder.
Neurology (Minneap.) 26: 1130-1134, 1976.

43. Neundörfer, B., C. Kayser-Gatchalian, W. Huber and W. Werner:

Neuropsychiatric symptomatology with chronic renal insufficiency in the stage of compensated and decompensated retention. I. CNS disturbances.
J. Neurol. 211: 253-261, 1976.

44. Neundörfer, B., C. Kayser-Gatchalian, W. Huber and W. Werner:

Neuropsychiatric symptomatology with chronic renal insufficiency in the stage of compensated and decompensated retention. II. Peripheral Nerve disturbances.

J. Neurol. 211: 263-274, 1976.

45. Neundörfer, B., C. Kayser-Gatchalian, W. Huber und W. Werner:

Das EEG bei chronischer Niereninsuffizienz.

EEG-EMG 7: 193-197, 1976.

46. N.N.

Dialysis dementia
Editorial

Britisch Medical Journal, 6046: 1213-1214, 1976.

47. Olsen, St.:

The brain in uremia.

Akta psychiatr. Scand. 36 (Supp.156): 109-126, 1961.

48. Olmer, M., J.M. Salvadori, G. Bouvenot et al.:

Intérêt de l'electroencéphalogramme dans l'insiffisance rénale chronique.

J. Urol. Nephrol. 76: 997-1004, 1970.

49. Pampiglione, G.:

The effect of metabolic disorders on brain activity.

J. Roy.Coll.Phycns. Lond. 7(4): 347-364, 1973.

50. Peterson, H. and A.G. Swanson:

Acute encephalopathy occuring during hemodialysis.

Arch. intern. Med. 113: 877-881, 1964.

51. Prill, A., E. Volles, F. Scheler und E. Quellhorst:

Verlaufsbeobachtungen neurologischer und hirnelektrischer Befunde bei chronischer Nierenisuffizienz und Dialysebehandlung.

Verh. dtsch.Ges. Inn.Med. 72: 609-613, 1967.

52. Prüll, G.:

Langzeituntersuchungen der zirkadianen Rhythmen an spektralanalytisch gewonnenen EEG Merkmalen.

Persönliche Mitteilung, zitiert nach D.Bente: Elektroenzephalographische Gesichtspunkte zum Wach-Schlafverhalten und zur Chronophysiologie endogener Depressionen.
Arzneimittelforschung 26(6): 1049-1068, 1976.

53. Rahäuser, G. und W. Böker:

Zur psychiatrischen Krisenintervention beim chronisch hämodialysierten Patienten.

Verh. dtsch.Ges. Inn. Med. 76: 1044-1046, 1970.

54. Reichenmüller, H.,E., F. Dürr and H.D. Bundschuh:

Neurologic disorders in uremia. In: Uremia: An international conference on pathogenesis, diagnosis and therapy.

G. Thieme, Stuttgart 1972.

55. Romano, J. and G.L. Engel:

Delirium I. Electroencephalographic data.

Arch. Neurol. Psychiat. 51: 356-377, 1944.

56. Rosen, S., M., K. O'Connor and S. Shaldon:

Haemodialysis disequilibrium.

Brit. med. J. 2: 672-675, 1964.

57. Siegenthaler, W.:

Klinische Pathophysiologie.

G. Thieme, Stuttgart 1973.

58. Simon, Olga:

Das Elektroenzephalogramm.

Urban & Schwarzenberg, München 1977.

59. Simon, Olga:

Die klinische Relevanz der Alphaaktivität im Elektroencephalogramm.

Habilitationsschrift, München 1978.

60. Speidel, H., W. Banditz, P. Bünger et al.:

Beitrag zur Psychopathologie der Dauerdialysepatienten.

Verh. dtsch. Ges. Inn. Med. 76: 1040-1042, 1970.

61. Spehr, W., H. Sartorius, K. Berglund et al.:

EEG and haemodialysis. A structural survey of EEG spectral analysis, Hjorth's EEG descriptors,blood variables and psychological data.

Electroenceph. clin. Nuerophysiol. 43: 787-797, 1977.

62. Spehr, W., H. Sartorius et al.:

EEG bei Niereninsuffizienz: Analyse im Frequenz- und Zeitbereich und leistungspsychologische Daten.

Proc. J. EEG Soc. 19th annual Conf. 1974.

63. Scheinberg, P.:

Effects of uremia on cerebral blood flow and metabolism.

Neurology (Minneap) 4: 1o1-1o5, 1954.

64. Scheitlin, W., und A. Hinziker:

Die Beeinflussung des Liquorchemismus durch Hämodialyse beim urämischen Patienten.

Schweizer. Med. Woschr.22(1): 673-676, 1962.

65. Strauch, M., H. Häfner, W. Huber et al.:

Standardisierte sozialpsychiatrische Fragebogenuntersuchung beim chronisch-haemodialysierten Patienten.

Verh. dtsch. Ges. Inn. Med. 76: 1042-1044,1970.

66. Stölzel, R.:

EEG during extracorporeal dialysis.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 19: 200, 1965.

67. Teschan, P.,E., H.E. Ginn, P.J. Walker, J.R. Bourne et al.:

Quantified functions of the nervous system in uremic patients on maintenance dialysis.

Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs, 20:388-389, 1974.

68. Teschan, P., E.:

Electroencephalographic and other neurophysiological abnormalities in uremia.

Kidney int. Suppl. Jan. 1975: 21o-216, 1975.

69. Teschan, P.,E.:

On the pathogenesis of uremia.

American. J. Med. 48(6): 671-677, 1970.

70. Teschan, P.,E.:

Studies in the pathogenesis of uremic Encephalopathy. In: Uremia: An int. conference on pathogenesis, diagnosis and therapy.

G. Thieme, Stuttgart 1972.

71. Tyler, H.,R.:

Neurologic disorders in renal failure.

Amer. J. medicine 44: 734-738, 1968.

72. Tyler, H.,R.:

Neurological complications of dialysis, transplantation, and other forms of treatment in chronic uremia.

Neurology 15(12): 1081-1088, 1966.

73. Uchihori, M., D. Kobata and M. Nishioka:

Elektroencephalogram of uremia, nephritis and nephrosis.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 9: 88, 1957.

74. Wakim, K., G.:

Predominance of hyponatremia over hypo-osmolarity in simulation of the dialysis disequilibrium syndrome.

Mayo Clin. Proc. 44: 433-460, 1969.

75. Wakim, K.,G.:

The pathophysiology of the dialysis disequilibrium syndrome.

Mayo Clin. Proc. 44: 406-429, 1969.

76. Zerssen, Detlev v.:

Klinische Selbstbeurteilungsskalen (KSb-S) aus dem Münchner Psychiatrischen Informationssystem (PSYCHIS München). Unter Mitarbeit von Koeller, D.-M.

Weinheim: Beltz, 1976.

77. Zysno, E.:

EEG changes and electrolyte metabolism in uremia before and after extracorporal dialysis.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 20: 275, 1966.

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. D. Ploog für die freundliche Überlassung des Themas. Frau Dr. Olga Simon, Leiterin der Abteilung für Klinische Neurophysiologie am Max-Planck-Institut für Psychiatrie danke ich sehr herzlich für die ständige Unterstützung und für die hilfreichen Anregungen während der Arbeit.

Für die Ermöglichung der Untersuchungen bei den Dialyse-Patienten danke ich Herrn Priv. Doz. Dr. Dr.H. Kuhlmann, sowie allen Ärzten, Schwestern und Patienten der Dialyse-Abteilung am Krankenhaus München Schwabing.

Für die statistische Beratung danke ich Herrn Dr. E. Hansert, Leiter der Abteilung für Biometrie am Max-Planck-Institut für Psychiatrie.

Mein besonderer Dank gilt allen Mitarbeitern der Abteilung für Klinische Neurophysiologie, die mir bei der Fertigstellung dieser Arbeit durch Rat und Tat geholfen haben, vor allem Herrn Dr. Klaus Coulin und Dr. Rüdiger Brinkmann für zahlreiche hilfreiche Diskussionen und Frau Th. König für die sichere und zuverlässige technische Assistenz bei den EEG-Ableitungen.

LEBENSLAUF

25.10.1949	geboren in Lindau als Sohn des Dr. jur. Ernst Brass und seiner Frau Berta, geb. Kluge.
1955 - 1959	Volksschule in Lindau
1959 - 1968	Humanistisches Gymnasium in Lindau
1968	Reifeprüfung
1968 - 1971	Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilian-Universität München (Vorklinik)
1971 - 1972	Auslandsstipendium des DAAD an der Universität Glasgow
1972 - 1975	Freie Universität Berlin (Klinik)
Februar 1975	Ärztliche Prüfung
1975 - 1976	Medizinalassistentenzeit in Berlin
Juni 1976	Approbation als Arzt
Januar 1977 - Juni 78	Stipendiat der Abteilung für Klinische Neurophysiologie am Max-Planck-Institut für Psychiatrie München
Ab Juli 1978	Wiss. Assistent der Abteilung für Klinische Neurophysiologie am Max-Planck-Institut für Psychiatrie München

Nikolaus Brass